

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА  
Географічний факультет  
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями**

**Використання супутникових даних для моніторингу водних  
ресурсів Чернівецької області**

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

Виконав:

здобувач II курсу, групи 208-М

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

ОПП «Геодезія»

ТЕРЕМКО Юрій Васильович

Керівник:

д.геогр.н., проф. Костащук І. І.

асист. Сабадаш В. І.

До захисту допущено:  
протокол засідання кафедри № 3  
від «18» «листопада» 2025 р.

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ доц. Дарчук К. В.

## АНОТАЦІЯ

**Теремко Ю. В. Використання супутникових даних для моніторингу водних ресурсів Чернівецької області. – Рукопис.**

Кваліфікаційна робота

зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». ОПП «Геодезія»

У роботі досліджено можливості застосування даних дистанційного зондування Землі та ГІС для моніторингу водних ресурсів Чернівецької області. Проаналізовано теоретичні засади ведення водного кадастру, сучасні джерела супутникових даних та методики їх обробки. Розроблено базові ГІС-моделі та виконано моніторинг території області з використанням оптичних і радарних супутникових знімків. Отримані результати дозволяють підвищити точність оцінки стану водних об'єктів і удосконалити інформаційне забезпечення водного менеджменту.

**Ключові слова:** водні ресурси, водотоки, ГІС, ArcGIS, ДЗЗ.

## ANNOTATION

**Teremko Y. Using satellite data to monitor water resources in Chernivtsi region. - The Manuscript.**

Qualification work on the specialty

193 "Geodesy and land management" OPP "Geodesy"

The paper explores the possibilities of using remote sensing data and GIS for monitoring water resources in Chernivtsi region. The theoretical principles of water cadastre management, modern sources of satellite data and methods of their processing are analyzed. Basic GIS models have been developed and monitoring of the region using optical and radar satellite images has been carried out. The results obtained allow to increase the accuracy of assessing the state of water bodies and improve the information support of water management.

**Key words:** topographic mapping, GIS, ArcGIS, topographic map

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

\_\_\_\_\_ Юрій ТЕРЕМКО

## **Заява**

**Студента Теремка Юрія Васильовича**

Номер студентської книжки: \_\_\_\_\_

Я заявляю, що наукова робота: «Використання супутникових даних для моніторингу водних ресурсів Чернівецької області»

1) Була підготовлена виключно мною, \* і:

А. Не порушує авторські права третіх осіб у відповідність із законом про авторське право.

Б. Повністю або частково була використана в якості основи для отримання диплому про вищу освіту або наукового ступеня мною чи іншою особою.

2) Крім того, я заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи збігається з друкованою.

Даною заявою я підтверджую, що була, проінформована про права та обов'язки студентки Університету, про правила, що стосуються перевірки оригінальності наукових робіт. Тому я заявляю, що я згідна на обробку моїх письмових робіт у відповідності з антиплагіатними процедурами Університету, а також на архівування цих робіт в базі даних інтернет системи Turnitin Similarity згідно з антиплагіатними правилами і процедурами Університету.

Я також свідома того, що у випадку, якщо робота написана мною, за рішенням Комісії університету буде містити факти, які суперечать умовам зазначеним у цій заяві, або, якщо коефіцієнти виходять за межі гранично допустимих норм (згідно **Додатку 2**), робота буде повернута на доопрацювання.

\_\_\_\_\_  
*Дата*

\_\_\_\_\_  
*Підпис*

\*Беручи до уваги істотний внесок з боку керівника наукової роботи.

## Зміст

|                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| АНОТАЦІЯ / SUMMARY .....                                                                                         | 2         |
| ВСТУП.....                                                                                                       | 5         |
| <b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВЕДЕННЯ<br/>ВОДНОГО КАДАСТРУ .....</b>                               | <b>7</b>  |
| 1.1. Загальна характеристика земель водного фонду .....                                                          | 8         |
| 1.2. Класифікація водних об'єктів та їх призначення .....                                                        | 9         |
| 1.3. Правові норми використання земель водного фонду.....                                                        | 13        |
| <i>Висновки до розділу 1</i> .....                                                                               | 15        |
| <b>РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКОЇ<br/>ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЗЗ .....</b>                     | <b>17</b> |
| 2.1. Сутність дистанційного зондування Землі.....                                                                | 18        |
| 2.2. Космічні методи ДЗ у вирішенні задач водного господарства .....                                             | 20        |
| 2.3. Властивості та класифікація аерокосмічних зображень .....                                                   | 23        |
| <i>Висновки до розділу 2</i> .....                                                                               | 26        |
| <b>РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ<br/>ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ДЗЗ.....</b>                           | <b>28</b> |
| 3.1. Загальна характеристика водних об'єктів на території дослідження .....                                      | 28        |
| 3.2. Базові ГІС-моделі для здійснення моніторингу водних об'єктів та<br>методика їх побудови і використання..... | 33        |
| 3.3. ГІС-картографування водних об'єктів.....                                                                    | 38        |
| <i>Висновки до розділу 3</i> .....                                                                               | 52        |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                    | 53        |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                  | 55        |

## Вступ

Сучасні зміни клімату, зростання антропогенного навантаження та висока густота гідрографічної мережі Чернівецької області вимагають впровадження нових методів отримання та аналізу водогосподарської інформації. Традиційні підходи до моніторингу водних ресурсів не забезпечують оперативності, повноти та просторової деталізації даних. Дистанційне зондування Землі та ГІС-технології дозволяють отримувати об'єктивні та регулярні дистанційні вимірювання стану водних об'єктів, навіть у важкодоступних районах. З огляду на зростання вимог до екологічної безпеки та інтегрованого управління річковими басейнами, побудова ГІС-моделей і використання супутникових знімків є нагальною умовою підвищення ефективності водного менеджменту регіону.

**Метою** магістерської роботи є виявлення особливостей моніторингу водних ресурсів засобами ГІС та ДЗЗ.

Відповідно до зазначеної мети визначені наступні **завдання** дослідження:

- 1) дослідити теоретичні та методичні засади ведення водного кадастру;
- 2) проаналізувати основні ресурси отримання даних ДЗЗ в цілях використання;
- 3) виявити основні особливості обробки даних ДЗЗ;
- 4) здійснити моніторинг водних ресурсів Чернівецької області за супутниковими зображеннями.

**Об'єктом** магістерського дослідження виступають водні об'єкти на території Чернівецької області

**Предметом** магістерського дослідження є особливості моніторингу водних ресурсів Чернівецької області.

При написанні магістерської випускової роботи та для досягнення мети були використані такі основні **методи дослідження**, як: картографічний (при дослідженні топонімів та основних рис поширення водотоків), математичний (при обчисленні гідрологічних складових), аерокосмічний (ключовий, при аналізі існуючого стану водних об'єктів), експедиційний, літературний, описовий, а також ГІС-підхід. У ході дослідження застосовано теорії, наукові концепції та ідеї,

що подані в працях: Ю. С. Ющенко, М. Д. Пасічника, К. В. Дрчука тощо.

Як технологічна основа картографічного моделювання використано програмний пакет ArcGIS v. 10.8 та ArcGis Pro v. 3.0, геопортали розміщення знімків, веб-ресурси та картографічний додаток SASPlanet.

### **Наукова новизна отриманих результатів.:**

*Уперше:*

- систематизовано та інтегровано дані різних типів супутникових сенсорів (оптичних і SAR) для комплексного моніторингу водних ресурсів Чернівецької області;
- створено базові ГІС-моделі водних об'єктів регіону з урахуванням індексного аналізу NDWI/NDVI та особливостей басейнової структури;
- виконано поєднання матеріалів водного кадастру та результатів ДЗЗ для уточнення просторових характеристик водного фонду.

*Набули подальшого розвитку:*

- методика дешифрування водних об'єктів за багатоспектральними індексами та радіолокаційними даними;
- підходи до побудови технологічної схеми моніторингу водних ресурсів у ГІС-середовищі ArcGIS;
- алгоритми оцінки динаміки водної поверхні й водно-болотних угідь у контексті регіонального управління водними ресурсами.

Магістерська робота складається зі вступу, 3-х розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел, який налічує 30 одиниць найменувань. Робота супроводжується таблицями (5 одиниць) та ілюстраціями (20 рисунками). Загальний обсяг роботи становить 56 сторінок машинописного тексту.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВЕДЕННЯ ВОДНОГО КАДАСТРУ**

Державний водний кадастр (ДВК) є центральним елементом системи державного управління водними ресурсами та виступає як систематизоване зведення відомостей про водні ресурси, що формується для забезпечення раціонального використання та охорони вод. Згідно з законодавчим визначенням, встановленим статтею 28 Водного кодексу України, ДВК необхідний для систематизації даних державного обліку вод та визначення наявних для використання водних ресурсів.

Сутність ДВК полягає у наданні комплексної інформації, яка охоплює поверхневі води (річки, озера, водосховища), підземні води, а також внутрішні морські води та територіальне море. Крім інвентаризації самих об'єктів, кадастр обов'язково містить відомості про обсяги вод, їхній гідрологічний режим, якість та використання, а також обліковує водокористувачів (крім вторинних).

Правове регулювання ведення ДВК забезпечується Водним кодексом, а конкретний Порядок ведення Державного водного кадастру затверджений Постановою Кабінету Міністрів України № 413 від 08 квітня 1996 року. Ці нормативні акти встановлюють процедуру формування та ведення обліку, забезпечуючи державне втручання у сфері охорони та використання водних ресурсів на національному, регіональному та місцевому рівнях.

Основна стратегічна мета ведення ДВК – забезпечення інформаційної бази для соціально-економічної та екологічної оцінки водоресурсного потенціалу, що є необхідним для сталого розвитку регіональних утворень та ефективного функціонування водних екосистем. Цей процес не зводиться лише до статистичного обліку; він вимагає високої якості та ефективності управлінської праці, що передбачає чітке визначення науково обґрунтованих завдань і методів їх вирішення [15].

Ведення ДВК ґрунтується на низці ключових науково-теоретичних принципів:

- комплексності – облік охоплює всі види водних об'єктів і всі аспекти

їхнього використання;

- об'єктивності – інформація має бути достовірною, а її збір — систематичним;

- єдності методології – застосування уніфікованих підходів до обліку водних ресурсів, їх використання та охорони;

- інтегрованого управління – ДВК повинен підтримувати інтегрований підхід, що охоплює не лише кількісні характеристики, але й якісні показники.

Історично державний водний кадастр розглядався насамперед як звіт кількісних даних – про обсяги вод та їхній гідрологічний режим. Однак сучасні методичні вимоги підкреслюють, що для забезпечення раціонального використання водних об'єктів та виконання екологічних функцій недостатньо лише інвентаризації. Система вимагає інтеграції даних про якість вод, їхній хімічний та гідробіологічний склад. Така необхідність зміщення акценту від суто господарського обліку до інструменту екосистемного управління відображає нагальну потребу гармонізації внутрішнього законодавства з міжнародними вимогами, зокрема, з положеннями Водної Рамкової Директиви ЄС. Це перетворює кадастр на життєво важливу базу для комплексних екологічних оцінок, які дозволяють забезпечити охорону всіх компонентів водних екосистем [21].

### **1.1. Загальна характеристика земель водного фонду**

Землі водного фонду (ЗВФ) є окремою категорією земель України, правовий режим якої має специфічні обмеження, спрямовані на охорону та відтворення водних ресурсів. Юридичне визначення ЗВФ закріплено у Земельному кодексі України (ЗКУ). ЗВФ включають землі, зайняті безпосередньо водними об'єктами, а також землі, необхідні для їх обслуговування, захисту та забезпечення сприятливого режиму.

Стаття 58 Земельного кодексу України надає вичерпний перелік складових земель водного фонду:

- землі, зайняті: морями, річками, озерами, водосховищами та іншими



водоймами, болотами, а також островами;

- прибережні захисні смуги (ПЗС) вздовж морів, річок та навколо водойм. Важливо, що землі, зайняті лісами, не включаються до складу ЗВФ, навіть якщо вони прилягають до водних об'єктів;

- землі, зайняті гідротехнічними, іншими водогосподарськими спорудами та каналами;

- берегові смуги водних шляхів;

- штучно створені земельні ділянки в межах акваторій морських портів.

Для створення сприятливого режиму водних об'єктів встановлюються також *водоохоронні зони (ВЗ)*. ВЗ є ширшою територією, яка охоплює ПЗС, а також додаткові елементи, такі як заплава річки, перша надзаплавна тераса, бровки, круті схили берегів та прилеглі балки. Розміри ВЗ визначаються відповідно до проектів землеустрою.

Правовий статус ЗВФ характеризується пріоритетом публічного інтересу. Землі водного фонду переважно перебувають у державній та комунальній власності. Цей принцип є фундаментальним і гарантує, що водні ресурси та прилеглі до них захисні території слугують загальнонаціональним потребам.

Набуття права приватної власності на земельні ділянки водного фонду є неможливим. Юридична практика, зокрема рішення Великої Палати Верховного Суду, підтверджує, що у разі незаконного відчуження ділянки водного фонду вимога про її повернення розглядається як негаторний позов, на який не розповсюджується строк позовної давності. Це положення є потужним інструментом захисту публічного доступу та екологічної функції ЗВФ, запобігаючи легалізації незаконної приватизації через сплив часу. Це підкреслює стратегічну охоронну цінність ЗВФ, незалежну від термінів позовної давності.

Форми користування ЗВФ суворо регламентовані [13]:

- постійне користування: Надається обмеженому колу суб'єктів. До них належать водогосподарські спеціалізовані організації, які мають спеціалізовані служби для догляду за водними об'єктами, а також військові частини Державної прикордонної служби України для забезпечення національної безпеки та

оборони (будівництва інженерно-технічних споруд, огорож, комунікацій).

- оренда – порядок надання в оренду, як і припинення права користування, встановлюється земельним законодавством.

Облік ЗВФ є точкою перетину Державного водного кадастру та Державного земельного кадастру. Якщо ДВК акумулює інформацію про гідрологічні характеристики та водні ресурси, то ДЗК фіксує площу, межі та правовий режим земельних ділянок, які входять до складу ЗВФ.

Таблиця 1.1. Структура та правовий режим земель водного фонду (ЗВФ)

| Компонент ЗВФ<br>(Ст. 58 ЗКУ)                              | Призначення                                            | Основний<br>Правовий Режим                                          | Право<br>Власності       |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Водні об'єкти<br>(річки, озера,<br>водосховища,<br>ставки) | Гідрологічна функція,<br>водозабезпечення              | Обмежене спеціальне<br>та загальне<br>водокористування              | Державна /<br>Комунальна |
| Прибережні захисні<br>смуги (ПЗС)                          | Природоохоронний<br>фільтр, стабілізація<br>берегів    | Суворо обмежена<br>господарська<br>діяльність, заборона<br>забудови | Державна /<br>Комунальна |
| Гідротехнічні та<br>водогосподарські<br>споруди            | Експлуатація<br>інфраструктури<br>(дамби, канали)      | Спеціальне<br>користування,<br>обслуговування<br>систем             | Державна<br>(переважно)  |
| Штучно створені<br>ділянки (у межах<br>портів)             | Забезпечення<br>функціонування<br>морського транспорту | Спеціальне<br>користування<br>(морський<br>транспорт)               | Державна /<br>Комунальна |

## 1.2. Класифікація водних об'єктів та їх призначення

ДВК є систематизованим зведенням, що охоплює всі водні ресурси, поділені за їхнім походженням та розташуванням. Кадастр фіксує відомості про поверхневі, підземні та морські води, включаючи внутрішні морські води та територіальне море. Облік включає систематизацію даних про водний режим, якість та використання, що є необхідним для визначення водоресурсного потенціалу.

У сфері обліку водних ресурсів особливе значення має фіксація експлуатаційних запасів та прогнозних ресурсів підземних вод, а також розподіл водних ресурсів за господарським призначенням. Методологія ведення кадастру передбачає регулярне збирання та опрацювання даних спостережень, отриманих на гідрологічних постах, що дозволяє відстежувати зміни в режимі та обсягах вод.

Ключовим елементом гідрографічної класифікації, необхідним для застосування природоохоронних норм, є поділ річок на категорії відповідно до площі водозбірного басейну. Стаття 79 Водного кодексу України встановлює чіткі критерії для цього поділу.

Класифікація річок України [6]:

- великі річки – розташовані у кількох географічних зонах, мають площу водозбору понад 50 тис. квадратних кілометрів.

- середні річки – річки з площею водозбору від 2 до 50 тис. квадратних кілометрів.

- малі річки – річки з площею водозбору до 2 тис. квадратних кілометрів.

Процес віднесення річок до тієї чи іншої категорії здійснюється на основі паспортів річок. Складанням цих паспортів, а також формуванням каталогу річок України та аналізом їхнього екологічного стану займається спеціалізований інститут "Укрводпроект". Таким чином, гідрографічні дані, що збираються та обробляються в рамках ДВК, є не просто статичними відомостями, а нормативним критерієм, який визначає подальший правовий режим прилеглих земель.

Класифікація річок має пряме методологічне значення, оскільки вона істотно впливає на розмір *Прибережних захисних смуг (ПЗС)*, які встановлюються навколо водних об'єктів. Це ілюструє, як гідрологічна інформація, зафіксована в кадастрі, перетворюється на правовий інструмент управління територіями.

Мінімальні розміри Прибережних захисних смуг диференціюються відповідно до класифікації водного об'єкта :

- для маленьких річечок, струмків, потічків і ставків площею до 3 гектарів мінімальна ширина ПЗС становить 25 метрів.

- для середніх річок, водосховищ на них, а також ставків площею понад 3 гектари – 50 метрів.

- для великих річок, великих водосховищ та озер – 100 метрів.

Навколо морів, морських заток і лиманів встановлюються смуги шириною не менше 2 кілометрів.

У випадку малих річок законодавство передбачає особливо суворі обмеження використання з метою охорони їх водності. Забороняється змінювати рельєф басейну, руйнувати русла, випрямляти їх або поглиблювати дно нижче природного рівня, а також зменшувати природний рослинний покрив та розорювати заплавні землі.

Функціонування кадастру як методологічної бази для застосування земельно-правових обмежень є критично важливим. Будь-яка неточність або відсутність актуальних даних у ДВК (наприклад, у паспорті річки щодо площі водозбору) може призвести до неправильного встановлення ширини ПЗС, що, своєю чергою, знижує ефективність природоохоронних заходів. Оскільки ПЗС виконує роль природного фільтра, що затримує забруднювачі, та стабілізатора, що протидіє ерозії ґрунту, помилки в кадастровому обліку можуть мати прямі негативні екологічні наслідки.

Таблиця 2: Гідрографічна класифікація річок та нормативна ширина ПЗС

| Тип Водного Об'єкта                        | Критерій Класифікації (Водозбірна Площа) | Кадастрова Одиниця Обліку         | Мінімальна Ширина ПЗС (м) |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Малі річки, струмки, ставки (до 3 га)      | До 2 000 км <sup>2</sup>                 | Паспорт річки, гідрологічний пост | 25                        |
| Середні річки, водосховища (ставки > 3 га) | Від 2 000 до 50 000 км <sup>2</sup>      | Каталог річок, дані ДВК           | 50                        |

| Тип Водного Об'єкта                     | Критерій Класифікації (Водозбірна Площа) | Кадастрова Одиниця Обліку | Мінімальна Ширина ПЗС (м) |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Великі річки, великі водосховища, озера | Понад 50 000 км <sup>2</sup>             | Каталог річок, дані ДВК   | 100                       |
| Моря, морські затоки і лимани           | Не застосовується (загальний критерій)   | Облік акваторії, дані ДВК | Не менше 2 000            |

### 1.3. Правові норми використання земель водного фонду

Порядок набуття права на землі водного фонду (у користування, оренду чи постійне користування) та припинення цього права встановлюється земельним законодавством України. При цьому право постійного користування є винятковим і надається лише спеціалізованим суб'єктам. До них належать водогосподарські спеціалізовані організації, які створені для догляду за водними об'єктами, а також військові частини Державної прикордонної служби України, яким землі потрібні для забезпечення національної безпеки (будівництво інженерно-технічних та фортифікаційних споруд).

На суб'єктів, які експлуатують гідротехнічні та водогосподарські споруди (водопідпірні, водопропускні, водозахисні або водозабірні), покладається обов'язок суворо дотримуватися встановлених режимів їх роботи та правил експлуатації. Це необхідно для забезпечення безпеки, стабільності водопостачання та запобігання погіршенню гідрологічного режиму.

Водоохоронна зона (ВЗ) – це територія, що встановлюється уздовж водних об'єктів для загального захисту водних ресурсів та створення сприятливого водного режиму. Вона є ширшою за ПЗС і може охоплювати заплави та інші прилеглі ділянки.

Незважаючи на те, що режим господарської діяльності у ВЗ є менш суворим, ніж у ПЗС, тут діють значні обмеження. Зокрема, у водоохоронній зоні забороняється: використання стійких та сильнодіючих пестицидів; влаштування

кладовищ, скотомогильників, звалищ та полів фільтрації; скидання неочищених стічних вод у потічки, балки чи інші пониззя рельєфу.

Землі у межах ВЗ повинні залишатися під природним трав'яним покривом або бути засаджені деревами та кущами. Водоохоронні зони перебувають у державній та комунальній власності, а їх розміри, які можуть сягати 200–500 метрів для великих об'єктів, визначаються за спеціальними проектами землеустрою.

Прибережна захисна смуга (ПЗС) є ключовим інструментом охорони водних ресурсів. Вона визначена як частина земель, яка виконує критичну екологічну, санітарну та водоохоронну функцію. Режим ПЗС є суворо обмеженим і регулюється статтею 61 Земельного кодексу України та Водним кодексом.

На території ПЗС встановлюється низка категоричних заборон, спрямованих на запобігання забрудненню та ерозії берегів :

- заборона обробки ґрунту – забороняється розорювати землю (крім підготовки ґрунту для залуження і залісення), а також займатися садівництвом та городництвом. Це необхідно для підтримки кореневої системи прибережних рослин, яка стабілізує береги і запобігає змиванню ґрунту.

- обмеження хімізації – заборона зберігання і використання пестицидів і добрив для запобігання їх потраплянню у водойми, де вони можуть спричинити евтрофікацію та хімічне забруднення.

- заборона забудови – суворо заборонено будівництво будь-яких споруд, включаючи дачі, гаражі та бази відпочинку. Винятком є лише спеціалізовані об'єкти, такі як гідротехнічні, навігаційні, гідрометричні або інженерно-технічні та фортифікаційні споруди для оборони.

- санітарні обмеження – заборонено влаштовувати звалища сміття, кладовища, літні табори для худоби, а також мити та обслуговувати транспортні засоби.

Правові норми використання ЗВФ забезпечують також реалізацію соціальної функції. У межах ПЗС громадяни мають гарантований, вільний і

безкоштовний доступ до узбережжя морів, берегів річок, озер та інших водойм. Встановлення парканів, шлагбаумів або будь-яких інших бар'єрів, які перешкоджають проходу до води, або вимагання плати за прохід є незаконним.

Прибережна захисна смуга функціонує як комплексний інструмент, що виконує природоохоронну, регулятивну та соціально-гарантійну функції. Кадастровий облік меж ПЗС є обов'язковою умовою для забезпечення цих прав та контролю за дотриманням суворих обмежень. Порушення встановленого режиму може мати серйозні юридичні наслідки, включаючи припинення права користування ділянкою через суд.

Таблиця 3: Основні заборони та обмеження господарської діяльності у прибережних захисних смугах (ПЗС)

| Тип Заборони                                                | Нормативна Підстава | Мета Заборони                                                |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| Розорювання землі, садівництво, городництво                 | Ст. 61 ЗКУ          | Запобігання ерозії, збереження природного рослинного покриву |
| Зберігання/використання пестицидів/добрив                   | Ст. 61 ЗКУ          | Захист від хімічного забруднення, запобігання евтрофікації   |
| Незаконна капітальна забудова (крім спец. об'єктів)         | Ст. 61 ЗКУ          | Збереження екологічної цілісності, гарантія вільного доступу |
| Влаштування звалищ, скотомогильників, літніх таборів худоби | Ст. 61 ЗКУ          | Санітарна та епідеміологічна безпека вод                     |

### Висновки до розділу 1

Теоретико-методологічні засади ведення Державного водного кадастру ґрунтуються на необхідності інтеграції даних про водні ресурси, землі водного фонду та правовий режим їх використання. ДВК забезпечує не лише інвентаризаційну функцію (систематизацію відомостей про обсяги, якість та використання вод) , але й виконує ключову нормативну функцію, оскільки його гідрологічні дані (наприклад, площа водозбору) безпосередньо визначають межі та режим обмеженого використання прилеглих земельних ділянок (ПЗС).

Незважаючи на наявність законодавчої бази (Водний кодекс, Постанова КМУ № 413) , аналіз свідчить, що нормативна база охорони водних об'єктів та раціонального використання водних ресурсів в Україні не завжди становить єдину цілісну систему. Це викликає необхідність удосконалення управлінської праці та підвищення якості ведення кадастрів.

Подальший розвиток ДВК має бути спрямований на забезпечення комплексного підходу. Це вимагає втілення засад інтегрованого управління, яке включає не тільки облікові, але й екологічні оцінки. Особливу увагу слід приділяти питанням управління якістю водних ресурсів річкових басейнів, інтегруючи оцінки фізичних властивостей, хімічного і гідробіологічного складу вод.

Такий підхід до модернізації ДВК є прямим інструментом гармонізації національної системи із міжнародними стандартами. Вдосконалення кадастру, зокрема через включення повноцінного якісного моніторингу, дозволяє ефективніше здійснювати транскордонне управління водними ресурсами та відповідати вимогам Європейського Союзу щодо інтегрованого басейнового управління. Таким чином, майбутнє Державного водного кадастру полягає у його перетворенні на динамічну інформаційну систему, що слугує основою для прийняття науково обґрунтованих рішень у сфері забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку.



## **РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЗЗ**

### **2.1. Сутність дистанційного зондування Землі**

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є критично важливим науковим і технологічним напрямком, який надає фахівцям водогосподарської галузі об'єктивну, просторово-розподілену та часово-динамічну інформацію про водні ресурси планети. Сутність ДЗЗ полягає в отриманні даних про об'єкти на поверхні Землі шляхом вимірювання електромагнітного випромінювання (ЕМВ), яке вони відбивають, розсіюють або випромінюють, без безпосереднього фізичного контакту з цими об'єктами.

В основі всіх дистанційних методів лежить фізичний принцип взаємодії ЕМВ із земною поверхнею. Сонце є основним джерелом енергії, випромінювання якого проходить крізь атмосферу і взаємодіє з об'єктами, що становлять інтерес, такими як водні масиви, ґрунти та рослинний покрив.

Ключовим поняттям є спектральна відбивна здатність (Spectral Signature) – унікальна крива, яка описує, як певний матеріал відбиває енергію на різних довжинах хвиль ЕМВ. Для гідрології особливе значення мають такі спектральні ознаки:

- поведінка води – чиста вода має унікальну спектральну ознаку, яка характеризується дуже сильним поглинанням енергії у ближньому інфрачервоному (NIR) та середньому інфрачервоному (SWIR) діапазонах, тоді як у видимій частині спектра (особливо синій та зелений) вона відбиває більше енергії. Саме ця фізична властивість – різкий перепад між відбиванням у видимому світлі та поглинанням у NIR – є фундаментальною основою для розрахунку всіх ключових водних індексів, таких як NDWI.

- простір спектральних ознак – якщо водний об'єкт не є чистим, його спектральна крива змінюється. Наприклад, вода з високим вмістом осаду (мутність) відбиватиме більше енергії у червоному діапазоні, а вода з високою концентрацією хлорофілу (евтрофікація, викликана, наприклад, високим вмістом фосфатів і нітратів) – у зеленому. Розуміння простору спектральних ознак

дозволяє розрізняти не просто наявність води, а й її якісний стан.

Перед тим, як випромінювання досягає сенсора, воно взаємодіє з атмосферою. Атмосфера може як послаблювати сигнал (поглинання водяною парою та іншими газами), так і додавати шум (розсіювання). Це вимагає проведення складних радіометричних та атмосферних корекцій, щоб відокремити фактичний сигнал об'єкта від атмосферних впливів.

Система ДЗЗ є складною архітектурою, що включає джерело енергії (Сонце), атмосферу, об'єкт дослідження, сенсор (датчик), платформу (носій) та систему обробки даних.

Платформи, на яких розміщені сенсори, можуть бути авіаційними (аерокосмічне зондування) або космічними (супутникове зондування). Тип орбіти космічної платформи визначає її ключові характеристики: просторову та часову роздільну здатність.

Для потреб водного господарства використовуються платформи на різних орбітах, кожна з яких має свою специфіку :

- низька навколоземна орбіта (Low Earth Orbit, LEO): Розташована приблизно на висоті від 160 до 2000 км. Платформи на LEO (наприклад, супутник NASA Aqua, що обертається на висоті 705 км) забезпечують найвищу просторову деталізацію. Багато з них використовують сонячно-синхронні орбітальні шляхи.

Сонячно-синхронна орбіта гарантує, що супутник проходить над однією і тією ж точкою Землі в один і той самий місцевий сонячний час (наприклад, о 10:30 ранку). Ця сталість освітлення є критичною для створення послідовних часових рядів даних, необхідних для моніторингу довгострокових гідрологічних змін, оскільки виключає змінну, пов'язану з різною освітленістю.

- висока навколоземна орбіта (High Earth Orbit, HEO) та Геостаціонарна орбіта (GEO): розташована на висоті 35 786 км. Супутники на геостаціонарній орбіті зберігають своє положення безпосередньо над однією і тією ж точкою на екваторі, оскільки їхня орбітальна швидкість відповідає швидкості обертання Землі. Ці платформи забезпечують безперервне спостереження (найкращу часову роздільну здатність) і є незамінними для метеорологічних супутників

(наприклад, серія NOAA), які контролюють хмарність, рух штормів та оцінюють опади. Хоча вони не дають високої просторової деталізації, оперативні дані з GEO критично важливі для прогнозування та реагування на паводки.

Між високою просторовою деталізацією LEO та високою часовою оперативністю GEO існує стратегічний вибір. Для детального картування інфраструктури та русел річок обирають LEO-супутники (Landsat, Sentinel-2), тоді як для оперативного контролю за швидкими гідрологічними явищами (паводки, сильні опади) використовують GEO-супутники.

Вибір методу зондування безпосередньо залежить від джерела енергії, яке використовується для вимірювання. Сенсори поділяються на пасивні та активні.

*Пасивні датчики* покладаються на зовнішнє, природне джерело енергії, головним чином, відбите сонячне випромінювання або природне теплове випромінювання, яке виділяє сама Земля. До них відносять радіометри (вимірюють інтенсивність ЕМВ у вибраних діапазонах) та спектрометри (аналізують спектральний вміст). Більшість пасивних систем працюють у видимій, ближній інфрачервоній (NIR) та тепловій інфрачервоній частинах спектра.

Переваги для ВГ: Ідеальні для якісного та кількісного спектрального аналізу, зокрема для оцінки кольору води, мутності, температури поверхні та біомаси водних угідь (через індекси NDVI, NDWI).

Недоліки: Пасивні системи мають суттєве обмеження: вони не можуть отримувати інформацію в умовах повної хмарності або вночі, що різко знижує їхню оперативність під час паводків, які часто супроводжуються поганою погодою.

*Активні датчики* забезпечують власне джерело освітлення, випромінюючи сигнал (наприклад, мікрохвилі) і вимірюючи енергію, яка відбивається від цільового об'єкта. Радар із синтезованою апертурою (SAR) та LiDAR.

Переваги для ВГ: Найважливішою перевагою є всепогодність та незалежність від освітлення. Мікрохвилі, які використовуються в SAR, проникають крізь хмари та дим, що робить цей метод критично важливим для

оперативного картографування зон затоплення та повеней. SAR також чутливий до шорсткості поверхні та вмісту вологи у ґрунті, що дозволяє вимірювати вологість ґрунту – ключовий гідрологічний параметр.

Висновок про сенсори: Гідрологічні завдання часто вимагають інтеграції даних (Data Fusion). Жоден тип сенсора не є універсальним. Наприклад, для комплексного моніторингу водно-болотних угідь необхідні як оптичні дані (Sentinel-2) для оцінки біомаси та якості води, так і дані SAR (Sentinel-1) для гарантованого, незалежного від хмарності, моніторингу площі затоплень.

## **2.2. Космічні методи ДЗ у вирішенні задач водного господарства**

Застосування космічних методів дозволяє вирішувати широкий спектр завдань водного господарства – від оцінки стану малих річок до глобального моніторингу запасів ґрунтових вод. Центральне місце в цьому займають спектральні індекси та спеціалізовані супутникові місії.

Для переведення сирих даних відбивної здатності в інформацію, зрозумілу гідрологам, використовуються спектральні індекси — математичні формули, що нормалізують співвідношення енергії у двох або більше спектральних діапазонах.

Ключовим показником для оцінки водних об'єктів є NDWI (Normalized Difference Water Index). Цей індекс максимально використовує фундаментальну фізичну властивість води: сильне поглинання у ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR) та помірне відбиття у зеленому діапазоні. NDWI використовується для оцінки вологозабезпечення та точного моніторингу площі водного покриття.

У сучасному моніторингу водно-болотних угідь (ВБУ) та заплав критично важливим є мультиіндексний аналіз – поєднання NDWI з вегетаційними індексами:

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) та EVI (Enhanced Vegetation Index) використовуються для оцінки стану вегетації (біомаси та здоров'я

рослинного покриву).

Спільний аналіз дозволяє оцінити екологічний стан ВБУ. Наприклад, якщо NDWI падає, а слідом за ним падає і NDVI/EVI, це є чіткою ознакою того, що екосистема відчуває гідрологічний шок через втрату води та, відповідно, втрачає свою біомасу. Цей підхід є необхідним для прийняття науково обґрунтованих рішень щодо ефективності охоронних заходів.

Дистанційне зондування охоплює вимірювання від локальних параметрів (температура поверхні) до глобальних (запаси ґрунтових вод).

#### *Моніторинг площі та динаміки поверхневих вод*

Супутники, такі як Landsat (з просторовою роздільною здатністю 30 м) та європейські Sentinel-2, є основними джерелами даних для детального картування та відстеження змін у руслах річок, площах озер та водосховищ, а також змін у берегових лініях. Sentinel-1, будучи активним SAR-сенсором, є незамінним під час екстремальних подій. Його всепогодна здатність дозволяє оперативно картографувати зони затоплення під час повеней, коли оптичні сенсори є сліпими через щільну хмарність.

#### *Гравітаційне зондування для оцінки запасів води*

Найбільш унікальним методом є використання гравітаційних місій, зокрема GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) та її наступника GRACE-FO. Ці місії не вимірюють відбиття світла, а відстежують зміни у гравітаційному полі Землі, спричинені перерозподілом маси.

Оскільки вода (поверхневі води, ґрунтові води, сніг та лід) є основною рухомою масою на планеті, GRACE дозволяє оцінювати довгострокові зміни в загальних запасах води (Total Water Storage, TWS) у великих регіонах. Ця інформація є критично важливою, оскільки вона дозволяє оцінити виснаження великих водоносних горизонтів (підземних вод), яке неможливо відстежити жодним іншим методом ДЗЗ оптичного діапазону.

#### *Оцінка Якості Води*

Спеціалізовані сенсори, такі як MODIS або Sentinel-3 (OLCI), використовуються для моніторингу температури поверхні водних об'єктів та

параметрів якості води, які проявляються у видимій частині спектра:

Мутність (Suspended Sediment): Вимірюється за відбивною здатністю у червоному діапазоні.

Хлорофіл "а" (Chl-a): Індикатор евтрофікації та цвітіння води. Визначається за тонкими змінами в зеленому та ближньому інфрачервоному спектрах.

#### Досвід України: Моніторинг Водно-Болотних Угідь

Українські кейси демонструють високу ефективність ДЗЗ як об'єктивного інструменту для оцінки як природної динаміки, так і наслідків техногенних катастроф.

#### Кількісна оцінка наслідків руйнування каховської ГЕС

Техногенна катастрофа, спричинена руйнуванням Каховської ГЕС у червні 2023 року, спричинила гідрологічний шок. ДЗЗ дозволило отримати об'єктивні кількісні дані про масштаби змін :

Масштаб деградації: У Дельті Дніпра супутникові аналізи підтвердили масштабне зниження водного покриття. Площа затоплених ділянок скоротилася на 35 %.

Гідрологічний шоковий стан: Аналіз індексів показав суттєву деградацію. Порівняно з 2020 роком (до катастрофи), NDWI знизився з 0,40 до 0,23 у 2024 році. Одночасно вегетаційний індекс NDVI впав з 0,62 до 0,40. Це зниження індексів свідчить про втрату біотопів водних рослин та суттєве зменшення кормової бази для фауни водно-болотного комплексу.

Просторовий аналіз вразливості: Порівняння дельти Дніпра (деградація) з іншими ВБУ виявило їхню різну стійкість. Хоча одразу після аварії влітку 2023 року спостерігався інтенсивний спад біомаси (NDVI знизився на 35–43%), вже до серпня 2023 року індекс відновився до попередніх рівнів. Це демонструє, що ДЗЗ дозволяє картографувати природну пластичність екосистем та їхню здатність до самовідновлення, що є цінною інформацією для майбутнього управління водними ресурсами.

## Верифікація управлінських рішень та моніторинг забруднення

Дистанційний моніторинг є ключовим для оцінки ефективності природоохоронних заходів:

- річка Ірпінь та Дунайський Резерват: У заплавах річки Ірпінь після реінтродукції гідрологічного режиму було зафіксовано зростання значень NDVI на 15–20%. Аналогічно, у Дунайському біосферному резерваті позитивна динаміка NDWI (+0,07, з 0,43 до 0,50) дозволяє припустити відновлення природного водного режиму як прямий наслідок природоохоронних заходів.

- Дністровські Плавні (Одеська область): Просторовий аналіз у Дністровських плавнях виявив зниження NDWI (з 0,35 до 0,22) та ідентифікував окремі «гарячі точки» забруднення. Ці точки корелювали зі скидами стоків із сільськогосподарських угідь, що призвело до зростання концентрації фосфатів і нітратів. Це ілюструє, як ДЗЗ допомагає перейти від загального моніторингу до точкового виявлення антропогенних джерел деградації.

### 2.3. Властивості та класифікація аерокосмічних зображень

Для фахівця водного господарства недостатньо просто отримати космічний знімок; необхідно розуміти його внутрішні характеристики. Придатність зображення для конкретної гідрологічної задачі визначається комбінацією чотирьох типів роздільної здатності.

Чотири ключові властивості: роздільна здатність

1) просторова роздільна здатність – визначається розміром кожного пікселя на цифровому зображенні та площею поверхні Землі, яку цей піксель представляє; що менше число (тобто менший розмір пікселя), то краща роздільна здатність і більше деталей можна побачити. Наприклад, датчик MODIS має просторову роздільну здатність 1 км (низька), тоді як Landsat OLI має 30 м (висока). Для моніторингу малих русел річок, гідротехнічних споруд або детальних змін у береговій лінії необхідна висока або дуже висока просторова роздільна здатність.

Існує нерозривний зв'язок між роздільною здатністю та доступністю даних. Найвища просторова роздільна здатність (менше 1 м) часто є комерційною, тоді як дані з середньою роздільною здатністю (Landsat, Sentinel) доступні безкоштовно. Вибір супутника завжди є компромісом між необхідною деталізацією та бюджетом чи оперативністю.

2) спектральна роздільна здатність – спектральна роздільна здатність визначає здатність сенсора розпізнавати тонкі хвилі, тобто мати більшу кількість і вузьчі смуги. Сенсори можуть бути мультиспектральними (3–10 смуг, наприклад, Landsat) або гіперспектральними (сотні чи навіть тисячі смуг).

Гідрологічне застосування – чим вузьчий діапазон довжин хвиль для даної смуги, тим точніша спектральна роздільна здатність. Гіперспектральні сенсори (наприклад, AVIRIS, що фіксує 224 спектральні канали) дозволяють гідрологам перейти від простого картування води до високоточної діагностики її якісного складу. Це дає можливість розрізняти тонкі відмінності, викликані концентрацією різних хімічних речовин (наприклад, фосфатів, нітратів чи розчиненого органічного вуглецю), що раніше вимагало дорогих і повільних польових хімічних аналізів.

3) радіометрична роздільна здатність – описує чутливість сенсора до інтенсивності вимірюваного електромагнітного випромінювання (кількість біт).

Чим вища радіометрична роздільна здатність (наприклад, 12-біт або 16-біт), тим більше значень доступно для зберігання інформації, що дозволяє краще розрізняти навіть найменші відмінності в енергії, яку відбивають об'єкти. У водному господарстві висока радіометрична роздільна здатність є критичною для оцінки якості води, оскільки дозволяє розрізнити тонкі відмінності у кольорі, які можуть бути ознакою евтрофікації чи забруднення.

4) часова роздільна здатність – це час, необхідний супутнику для завершення оберту по орбіті та повторного відвідування тієї самої зони спостереження.

Вона залежить від типу орбіти, характеристик датчика та ширини смуги огляду. Супутники на геостаціонарній орбіті мають найкращу часову роздільну



здатність, оскільки забезпечують майже безперервне покриття.

Для моніторингу динамічних процесів, таких як паводки, які можуть тривати лише кілька днів, необхідні супутники з високою часовою роздільною здатністю (наприклад, MODIS, що має 1–2 дні, або Sentinel, що має до 5 днів).

#### *Класифікація зображень за рівнем обробки даних*

Дані, отримані сенсорами, проходять кілька етапів обробки, перш ніж стати корисними для гідрологів. Ці етапи класифікуються за Рівнями (Levels).

- рівень 0 (L0): сирі, необроблені дані сенсора.

- рівень 1 (L1): дані, оброблені для корекції основних радіометричних (яскравості) та геометричних (викривлень, пов'язаних з кутом зйомки, кривизною Землі та рельєфом) спотворень. Усі дані, придатні для наукового аналізу, обробляються щонайменше до цього рівня.

- рівень 2 (L2) та рівень 3 (L3): Це похідні геофізичні змінні або продукти, відображені на єдиній просторово-часовій сітці. Прикладами можуть бути карти температури поверхні води або щомісячні композити показників NDWI.

Радіометрична та геометрична корекція L1 є життєво необхідною, оскільки вона дозволяє створювати надійні часові ряди, порівнюючи знімки, зроблені в різні дати, під різними кутами сонця та в різних атмосферних умовах. Без цієї корекції порівняння динаміки водного покриву протягом кількох років є неможливим.

Оброблені зображення піддаються двом основним типам аналізу: якісному та кількісному.

I. Якісний аналіз. Базується на візуальній інтерпретації, де експерт оцінює зображення на основі ознак дешифрування: кольорового тону, розміру, форми, текстури, тіні, асоціації та контексту. Цей метод корисний для швидкого виявлення аномалій, таких як плями забруднення, несанкціоновані гідротехнічні роботи або очевидні зміни в руслах річок.

II. Кількісний аналіз (класифікація). Кількісний аналіз використовує алгоритми класифікації зображень, які групують пікселі на основі їхньої спектральної інформації, щоб створити тематичні карти земного покриву.

Неконтрольована класифікація (Unsupervised classification): Програмне забезпечення автоматично групує пікселі, виявляючи природні спектральні кластери.

Контрольована класифікація (Controlled classification): Користувач вказує ділянки відомого типу покриття (наприклад, "чиста вода", "заболочена територія", "сухий ґрунт") для «навчання» алгоритму. Цей метод зазвичай забезпечує вищу точність і частіше використовується в гідрології для точного визначення меж водойм та різних типів водно-болотних угідь.

### III. Інтеграція з географічними інформаційними системами (ГІС)

Кінцевим етапом є інтеграція результатів ДЗЗ у ГІС. Дистанційне зондування надає інформацію про "що" і "коли" сталося (наприклад, площу затоплення та її обсяг), але ГІС дає "де" і "чому" це важливо. Інтеграція дозволяє порівняти тематичні карти (наприклад, карту NDWI) з іншими геопросторовими даними (наприклад, даними про інфраструктуру, межі водоохоронних зон, дані ґрунтових карт) для комплексного водного менеджменту та моделювання.

## Висновки до розділу 2

Дистанційне зондування Землі є наріжним каменем сучасного водного менеджменту, трансформуючи галузь від точкових польових вимірювань до великомасштабного, об'єктивного просторово-часового моніторингу. Воно забезпечує інформацію для оцінки водного балансу (GRACE), моніторингу якості води (спектральний аналіз) та, що критично важливо, контролю за наслідками екстремальних екологічних подій (Каховська ГЕС).

Системне використання даних ДЗЗ не тільки ідентифікує проблеми, але й слугує ключовим інструментом для верифікації ефективності природоохоронних інвестицій, що підтверджено позитивною динамікою індексів у Дунайському біосферному резерваті та заплавах річки Ірпінь. Аналіз варіативності реакції різних екосистем на гідрологічний шок дозволяє краще зрозуміти їхню природну вразливість, що є фундаментальним для майбутнього планування та стійкості водних ресурсів.

Подальший розвиток галузі прямує до ширшої інтеграції даних активного (SAR) та гіперспектрального зондування. Гіперспектральний аналіз, який забезпечує виняткову спектральну деталізацію, відкриває шлях до автоматизованого моніторингу хімічного складу води з космосу. Крім того, застосування алгоритмів штучного інтелекту та глибинного навчання (наприклад, CNN) набуває вирішального значення для автоматизації процесів класифікації та оперативного розпізнавання структурних змін у гідротехнічних об'єктах чи швидкого картування затоплених територій.

Освоєння інструментарію ДЗЗ, включаючи платформи доступу до даних (Google Планета Земля, Google Maps, Map Creator) , а також навичок кількісного аналізу зображень, є обов'язковою компетентністю для фахівців, які прагнуть ефективно управляти водними ресурсами у світі, що швидко змінюється.

## РОЗДІЛ 3. МОНІТОРИНГ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗАСОБАМИ ДЗЗ

### 3.1. Загальна характеристика водних об'єктів на території дослідження

Чернівецька область розташована на південно-західному заході України (Північна Буковина), займаючи площу близько 8 100 км<sup>2</sup> (1,3 % території країни). Територія області поділяється між двома великими водними басейнами: Дунаю (68 % площі, зокрема басейни річок Сірет – 27 % і Прут – 41 %) та Дністра (32 %). Гідрографічна мережа регіону включає великі річки Дністер (на північній межі області протяжністю 290 км), Сірет і Прут з їхніми притоками (зокрема Черемош, Сучава). На території області нараховується 4 240 річок загальною довжиною 8 966 . Густота річок Чернівецької області (понад 1,1 км/км<sup>2</sup>) є однією з найвищих в Україні, що пов'язано з гірським рельєфом у західній частині регіону.

#### *Основні річки області*

До числа найбільших річок Чернівецької області належать:

*Дністер* – одна з найбільших річок Європи, довжина 1362 км, басейн 72 100 км<sup>2</sup>. По території області Дністер тече вздовж північного кордону (близько 290 км), утворюючи мальовничий Дністровський каньйон між Галичем і Хотиним. Він має середньорічний стік близько 300 м<sup>3</sup>/с. На середньому та нижньому Дністрі є кілька каскадних водосховищ і заплав, значні запаси води використовуються для водопостачання, гідроенергетики та рекреації. Дністровський каньйон 2008 року внесений до списку семи природних чудес України. У зв'язку з розташуванням на межі регіону Дністер слугує історичною межею між Буковиною та Галичиною і є ключовим кордоном з Молдовою.

*Прут* – ліва притока Дунаю, повністю гірська річка в межах Чернівецької області. Довжина Прута – 967 км (272 км в Україні), площа басейну 27 500 км<sup>2</sup>. Середній стік біля гирла становить приблизно 69 м<sup>3</sup>/с. Витоки Прута лежать на Чорногорі (Говерла), далі він тече через гірські та передгірські райони області (міста Яремче, Коломия, Снятин). На Пруті на кордоні з Румунією створено водосховище Костешти-Стінка, частина якого пролягає в межах області. Єдина гідроелектростанція в Україні на Пруті – Снятинська ГЕС (Снятинський район).

Річка використовується для водопостачання (міста Снятин і Чернівці), і найбагатші відклади корисних копалин на шляху річки також сприяють розвитку регіону. Прут відомий туристичною привабливістю: його гірські пороги та каньйони популярні серед рафтингістів і любителів сплавів.

*Сірет* – ліва притока Дунаю, довжина 682 км, басейн приблизно 44 835 км<sup>2</sup>. У межах України Сірет тече 123 км (70 % довжини – в Румунії), у Чернівецькій області – близько 100 км. Середній стік Сірету становить приблизно 7,25 км<sup>3</sup>/рік. Верхів'я Сірету знаходяться в Українських Карпатах, далі він тече через передгір'я Буковини (міста Вашківці, Вижниця). Річка має помірно-звивисте русло, використовується для зрошення і риборозведення. Завдяки прозорій воді і мальовничим берегам річка Сірет також є популярним об'єктом рекреації (на її берегах розвинені кемпінги, риболовля, водний туризм).

*Черемош* – права притока Прута (басейн Дунаю), довжина 80 км (з них 80 км – на кордоні з Івано-Франківською областю), площа басейну 2560 км<sup>2</sup>. Черемош живиться гірськими потоками і має швидку течію з порогами, служить для місцевого водопостачання і гірських турів (рафтинг, сплави).

*Сучава* – права притока Прута (басейн Дунаю), довжина 140 км, площа басейну 2400 км<sup>2</sup>. На території Чернівецької області – 28 км русла (басейн 315 км<sup>2</sup>). Сучава тече з Румунії через Сторожинецький та Сучавський райони, використовується для меліорації земель та гідроенергетичних малих споруд.

Кожна з цих річок має велике господарське та екологічне значення: вони забезпечують водою населені пункти, живлять ґрунтові води, є шляхами судноплавства (Прут – на частині своєї течії), джерелом гідроенергії (гідроелектростанції та водосховища) і рекреації. Зона заплав річок, особливо Дністра й Прута, є важливою природною територією з унікальними гідрологічними пам'ятками (наприклад, Садгірська мінеральна вода в Чернівцях) та біорізноманіттям.

### ***Озера, водосховища, ставки***

Чернівецька область характеризується невеликою кількістю озер та водосховищ. Загалом на території є 5 водосховищ площею близько 6136 га, 17

озер із сумарною площею 57,53 га та 1567 ставків (які займають приблизно 4703 га). Найбільше серед них – **Дністровське водосховище** (канал Лиман) на Дністрі, створене в 1977 р., котре охоплює частину північної межі області. На Пруті, крім комплексного водосховища Костешти-Стінка на кордоні з Румунією, існують кілька малих каскадних ставків для гідроенергетики (Снятинська ГЕС та ін.).

Більшість штучних водойм області – це ставки й малі водосховища, призначені здебільшого для **риборозведення** (рибо- та лососеві господарства), а також комплексно для зрошення земель та місцевого водопостачання. Так, водойми освоюються місцевими комунальними та агропромисловими структурами для вирощування коропів та інших промислових видів риб. Наприклад, в області налічувалося понад 1200 ставків загальною площею понад 4500 га. Частина з них є також рекреаційними – на берегах ставків облаштовані зони відпочинку та рибальства.

Серед природних озер найвідоміші «**Гірське Око**» (гірське льодовикове озеро поблизу гори Бербенескул), озеро «**Бездонне**» (у Новоселицькому районі, площею ~3,4 га, гідрологічна пам'ятка природи) та комплекс боліт і озер «**Очеретяні**» біля Хотинського району (приблизно 4,6 га, заказник із цінними водно-болотними екосистемами). Всі природні озера області є невеликими (поодинокі гектари) і мають переважно гірське або болотне походження.

### ***Джерела, підземні й мінеральні води***

Чернівецький регіон багатий на підземні води й мінеральні джерела. Вологість розлогої поверхні та характер гірської геології забезпечують поширеність ґрунтових вод на невеликій глибині (у середньому приблизно 6-8 м) та випурхування джерел, особливо в передгірній смузі. Підземні води забезпечують водозабезпечення багатьох сіл, а також питне водопостачання міст (частково – свердловинами і абіссинами).

Особливе значення мають **лікувальні мінеральні води** Буковини. На території області відомо понад два десятки природних джерел мінеральних вод різного складу (гідрокарбонатні, сірководневі, радонові тощо). Зокрема, у

Чернівцях здавна знані «Садгірська мінеральна вода» (природна пам'ятка природи в межах парку «Садгора»), а в передмістях – джерела **Брусницька** (с. Брусниця, Кіцманський район), **Буковинська** (с. Буденець, Сторожинецький район) та **Щербинцівська** (с. Щербинці, Новоселицький район). Ці джерела мають промислове значення (на їх базі працюють санаторії, заводи мінеральних вод) і використовуються для лікувальних потреб та розливу питної мінеральної води. Наприклад, вода «Буковинська» з Буденця має гідрокарбонатно-натрієвий склад і випускається під торговою маркою.

Крім того, в гірських частинах області випливають сотні невеликих джерел прісної води, які використовуються для господарських потреб (сирих джерел питної води). Загалом підземні водоносні горизонти регіону формують помірні запаси води з мінералізацією, які використовуються для комунального водопостачання, зрошення ґрунтів та питних потреб.

### ***Екологічний стан водних об'єктів***

Стан поверхневих вод Чернівецької області характеризується певними проблемами антропогенного забруднення. Основними джерелами забруднення є стічні води міст та промислових підприємств, скиди мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь, а також сміттєзвалища. Зокрема, за останні роки «Чернівціводоканал» фіксував систематичні перевищення норм забруднення у зворотних стоках підприємств Чернівців – в 2024–2025 рр. кілька великих промислових підприємств були відключені від системи централізованого водовідведення через скидання токсичних стоків. Це може призводити до перевантаження очисних споруд, зростання витрат активного мулу та ризику зниження якості води, що скидається у річки.

Особливо тривожною є ситуація з річкою Прут у межах Магальської (Хотинський район) громади: за повідомленнями Державної екологічної інспекції Карпатського округу, у 2024 році виявлено багато перевищень гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у воді Прута (деякі показники перевищували норми майже у 50 разів). Місцеві жителі скаржаться, що вода Прута і навіть криниць стала непридатною для пиття, а річка відходить

неприємним запахом від стічних вод заводу та станції аерації. Загалом екологічна інспекція повідомляє, що якість поверхневих вод регіону потребує поліпшення: в Дністрі та його притоках іноді перевищуються норми по органічних речовинах, металам і бактеріальному забрудненню.

Охорона водних ресурсів передбачає посилення контролю за стоками, реконструкцію очисних споруд (особливо у містах Сторожинецького, Хотинського, Кіцманського районів), відновлення піленепроникних смуг на берегах річок та роботу природних очисних зон (заплави, болота). У Природно-заповідному фонді області вже є декілька гідрологічних заказників та пам'яток (наприклад, Прутянський гідрологічний заказник, ділянки Дністровського каньйону). Продовжується моніторинг якості води обласним управлінням екології та природних ресурсів; у 2025 р. в звітах публікуються дані про показники водних об'єктів басейнів Прута й Сірету.

### ***Значення водних об'єктів для населення, економіки та туризму***

Водні об'єкти Чернівецької області відіграють життєво важливу роль у забезпеченні населення та економіки регіону. Річки (Прут, Сірет, Дністер) та підземні води забезпечують питною водою міста Чернівці, Новоселицю, Хотин і численні сільські населені пункти. Населення використовує ріки для побутового водопостачання (через очищення води) та меліоративного водозабору, а також у рекреаційних цілях (купання, риболовля). Ставки і водосховища забезпечують водою сільськогосподарські угіддя – іригаційні системи регіону побудовані переважно навколо річок Прут і Дністер.

Важливим є також рибне господарство: за даними обласного управління агропромислового розвитку, водний фонд області сприяє розвитку рибництва – у ставках і водоймах вирощуються короп та інші види риб, а загальна кількість ставків із водоймами рибогосподарського призначення за 2023 рік становила понад 1500 одиниць (та понад 4700 га)chnv.darg.gov.ua. Це підтримує галузь аквакультури та постачання риби на внутрішній ринок.

Для туризму та рекреації водні об'єкти Чернівецької області мають велике значення. Дністровський каньйон та заплави приваблюють туристів



мальовничими краєвидами, пішохідними маршрутами і екскурсіями (Дністер є «природною перлиною» регіону). На річках Прут і Черемош популярні сплави на байдарках і рафтинг – це один із трендових активних видів відпочинку в Карпатах. Зручні береги Дністра обладнані пляжами, кемпінгами і рекреаційними зонами (наприклад, в Хотинській та Кельменецькій ОТГ), що сприяє розвитку місцевого туризму та відпочинку. Минералізація та природна харчова цінність місцевих джерел використовуються в санаторно-курортній сфері (санаторії у с. Брусниця, пансіонати в Чернівцях «Садгора» працюють на лікувальних мінеральних водах).

Таким чином, водні ресурси Чернівецької області є фундаментом водозабезпечення регіону, основою сільського господарства та меліорації, перспективним сектором рибного господарства, а також значним чинником розвитку туризму та охорони природи. Ефективне управління цими ресурсами (зокрема, збереження якості води та заповідний режим для цінних екосистем) має стратегічне значення для сталого розвитку області.

### **3.2. Базові ГІС-моделі для здійснення моніторингу водних об'єктів та методика їх побудови і використання**

Геоінформаційні системи (ГІС) надають потужний набір інструментів для збору, інтеграції, аналізу та візуалізації просторових даних про водойми та їхню якість. За допомогою ГІС, фахівці можуть ефективно об'єднувати різномірні джерела інформації – гідрографічні дані, результати спостережень за якістю води, знімки із супутників, кліматичні дані тощо – і одержувати цілісну картину стану водних об'єктів. Просторовий аналіз дозволяє виявити закономірності (наприклад, розподіл забруднень чи зон підтоплення) і приймати обґрунтовані рішення. Сучасна система ArcGIS дає можливість швидко виявляти взаємозв'язки і шаблони даних, відповідати на складні запитання і допомагати користувачам приймати зважені рішення». Застосування ГІС у моніторингу водних ресурсів підвищує ефективність управління (наприклад, розрахунок

доступності води чи оцінка ризику повені) та економить час і ресурси на збір і обробку даних.

Необхідні типи просторових і табличних даних

Для побудови гідрологічних моделей у ГІС потрібні як географічні (просторові) шари, так і атрибутивні (табличні) дані. Найважливіші набори даних включають наступні компоненти, які ми зібрали для території Чернівецької області:

- гідрографія (річки, озера, канали): векторні шари, що відображають мережу річок і водойм. Вони задають граф гідророзгалуження, на базі якого будують мережу стоків і басейнів;

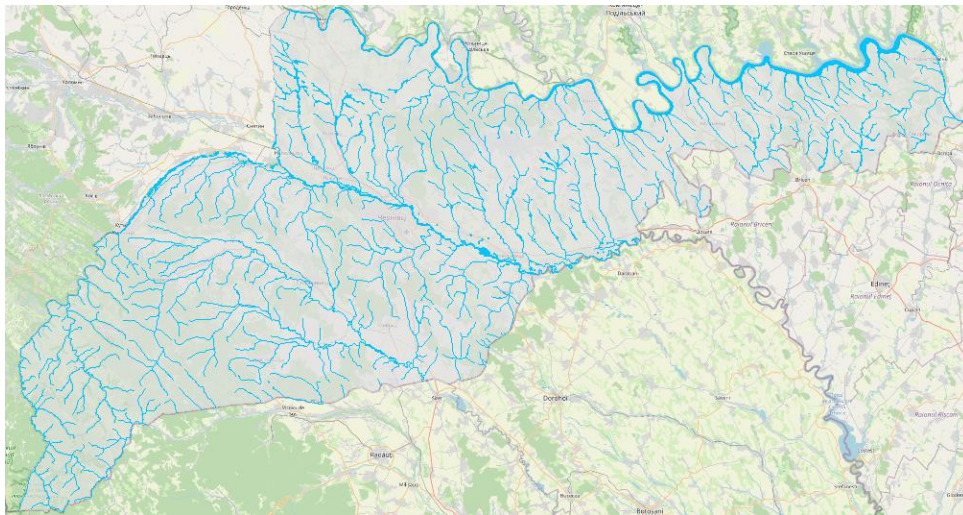


Рис. 3.1. Гідро мережа Чернівецької області

- цифрова модель рельєфу (DEM): растрове представлення висот місцевості. DEM необхідний для обчислення напрямку і накопичення стоку. З нього автоматично витягують потоки і водозбори;

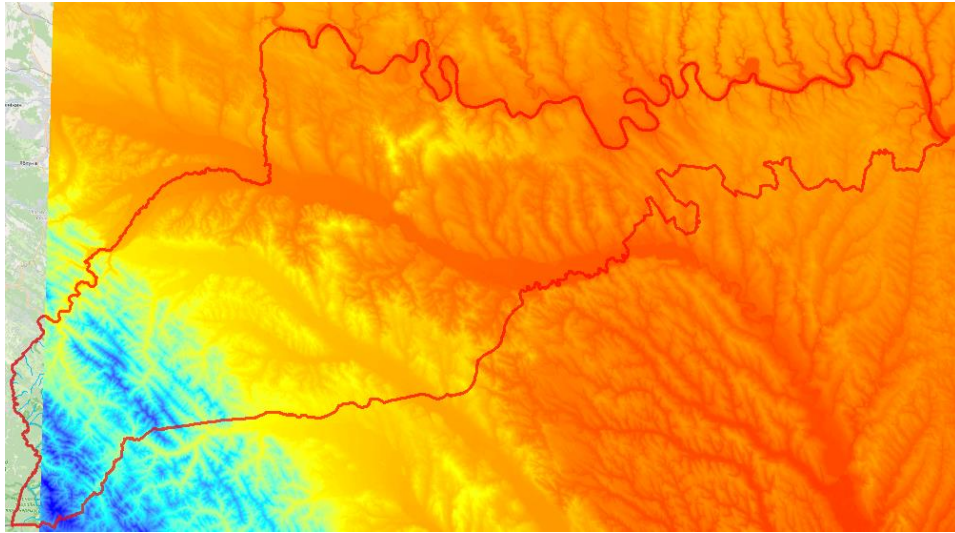


Рис. 3.2. DEM-модель на територію дослідження

- супутникові знімки та ортофотоплани: зображення поверхні (оптичні чи радарні) допомагають відстежувати зміни землекористування, вегетації, розмиви берегів тощо. Наприклад, знімки використовуються для виявлення зон заболочування чи забруднених площ.

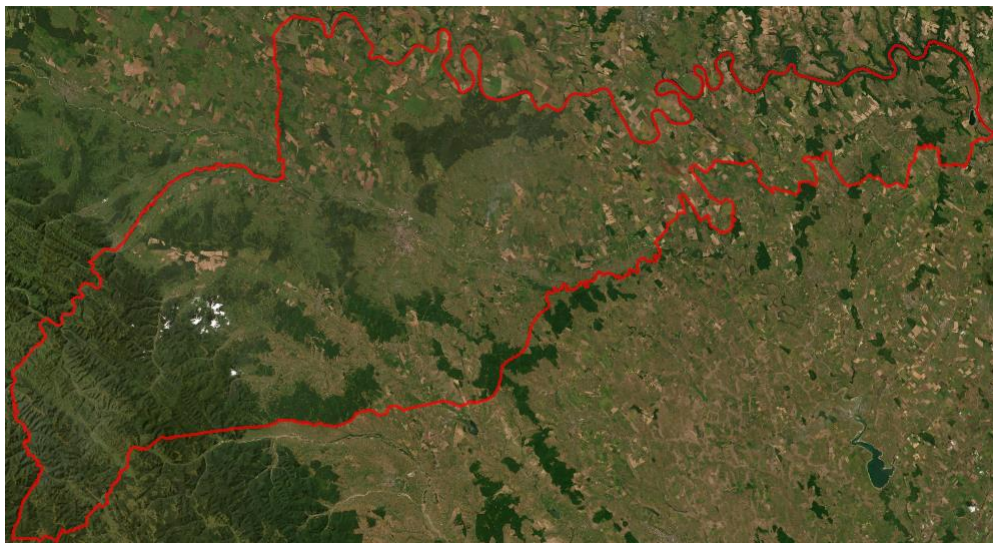


Рис. 3.3. Космічні зображення на територію Чернівецької області

- дані про якість води: табличні вимірювання (GPS-координати точок проб, значення забруднень, рН,  $O_2$  тощо) з лабораторних або автоматичних спостережень. Ці дані з'єднують із просторовим контекстом басейнів чи ділянок річок. За потреби їх інтерполюють просторовими методами (наприклад, крігінгом) для отримання контурних мап забруднення.

- метеорологічні та гідрометричні дані: часові ряди опадів, температури, рівня води у гідрометричних постах. Вони зберігаються у таблицях і можуть

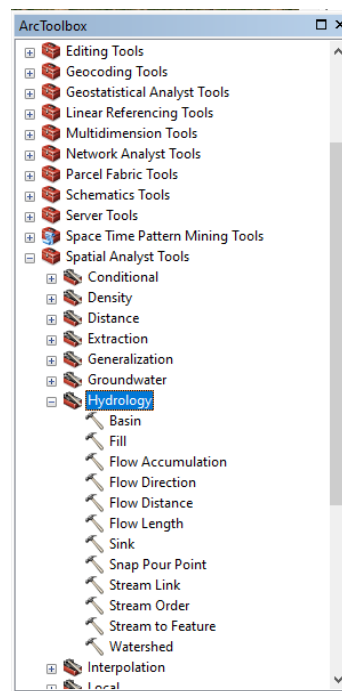
поєднуватися з ГІС для моделювання стоку чи розрахунку повеневих сценаріїв.

ГІС дозволяє об'єднати растрові (DEM, супутникові знімки) та векторні (річкові мережі, кордони басейнів) дані разом із табличними реєстрами (гідрологічні та якісні показники) в узгоджену модель. Це забезпечує єдину базу для аналізу всіх компонентів водного середовища.

### Основні інструменти ArcMap 10.8 для гідрологічного аналізу

В ArcMap 10.8 (ArcGIS Desktop) є кілька ключових компонентів для аналізу водних ресурсів:

- **Spatial Analyst (Hydrology):** розширення Spatial Analyst містить набір гідрологічних інструментів. Сюди входять *Fill* (заповнення депресій у DEM), *Flow Direction* (визначення напрямку стоку), *Flow Accumulation* (накопичення потоку), *Watershed* (делінеація водозборів), *Basin*, *Stream Order*, *Stream Link*, *Stream to Feature* тощо. Наприклад, *Flow Accumulation* створює растровий шар, де кожна комірка показує сумарний стік з усіх вище лежачих комірок – ділянки з великим накопиченням вказують на потоки чи русла. Ці інструменти застосовують послідовно для побудови моделі водозбору.



- **ArcHydro:** спеціалізоване доповнення від Esri для водних ресурсів. Воно містить готову модель даних та інструменти для побудови гідрологічних моделей – створення мереж потоків, характеристика басейнів, моделювання повеней та інших процесів. ArcHydro стандартизує структуру гідрографічних даних та дозволяє масштабно вирішувати прикладні задачі водного господарства.

- **Network Analyst:** інструмент для аналізу мереж. Хоча переважно його використовують для транспортних задач, його можна адаптувати до водопровідних мереж і каналізаційних систем. Наприклад, з його допомогою прокладають траси нових трубопроводів, оптимізують маршрути доставки води до споживачів і розраховують зони тиску.

- Інші розширення: ArcMap також пропонує *3D Analyst* (для 3D-візуалізації рельєфу та поверхневих вод), *Geostatistical Analyst* (для інтерполяції та просторової статистики якості води) і інші. Особливо корисним може бути *Geostatistical Analyst* – наприклад, для побудови карт концентрації забруднювачів за допомогою крігінгу.

#### Методика побудови базової ГІС-моделі

Стандартний алгоритм побудови ГІС-моделі водозбору включає такі етапи:

1. Підготовка даних: збирають всі потрібні шари (DEM, річкову мережу, кордони адміністративних одиниць тощо) і приводять їх до спільної системи координат. За допомогою інструменту *Fill* прибирають депресії в DEM (заповнюють баки), щоб моделлю можна було побудувати безперервну мережу стоку.

#### 2. Гідрологічний аналіз:

- Застосовують *Flow Direction*, який розраховує напрямок стоку з кожної клітинки до її найкрутішого сусіда.

- Далі – *Flow Accumulation*, що обчислює для кожної клітинки сумарну кількість води, яка на неї стікає від вище розташованих клітин. Пік накопичення відповідає майбутньому руслу ріки.

- Використовуючи *Snap Pour Point*, «підтягують» задані точки витоку (наприклад, місця зливів або кінцеві пункти аналізу) до комірок з максимальним накопиченням потоку поблизу.

- Інструментом *Watershed* вилучають області водозбору для цих точок, тобто визначають території, звідки вода стікає до даної точки. Якщо потрібно отримати векторний шар басейнів, результати роботи *Watershed* конвертують за допомогою інструменту *Raster to Polygon*.

- За потреби виділяють руслову мережу: встановивши поріг накопичення потоку, побудовують лінійний шар річок та застосовують *Stream Order* і *Stream Link* для пронумерування й структуризації гілок річки.

#### 3. Атрибутивний аналіз: після просторового аналізу часто поєднують



отримані геометричні результати з таблицями спостережень. Наприклад, погодинні дані рівнів води можна приєднати до графіка стоку; показники забруднень – до зони відповідного водозбору.

4. Візуалізація результатів: отримані шари тематично оформляють для інтерпретації. Масштаби забарвлення відповідають концентраціям чи висотам; потоки позначають лініями різної товщини, басейни – кольоровими полігонами. Для наочного аналізу створюють інтерактивні карти або Web-сервіси. Наприклад, у межах проекту використання ArcMap 10.8 часто супроводжується створенням звітних карт і дашбордів для демонстрації рівнів води, зон затоплення та стану якості води в реальному часі.

У Карпатському регіоні, зокрема у басейні р. Черемош та Чернівецької області, ArcMap 10.8 активно використовують водогосподарські організації. Так, фахівці БУВР Тиси наголошують на важливості ГІС для прийняття управлінських рішень щодо водного господарства. У їхньому досвіді ГІС-база даних включає тисячі об'єктів (гребель, станцій, сховищ) з усією технічною документацією; результати моніторингу візуалізуються через ArcReader і веб-додатки. Зокрема, щотижневі звіти по гідрологічній ситуації доповнюються інтерактивними мапами. У Карпатах складний рельєф підвищує вимоги до точності цифрового рельєфу та аналізу стоку, тож часто використовують локальні вищороздільні DEM (лідар, ТОПО). Загалом, у регіоні ArcMap 10.8 демонструє себе як надійний інструмент: він забезпечує широкий функціонал гідрологічного аналізу та сумісність із локальними ГІС-проектами (наприклад, з інтеграцією даних АІВС «Тиса»). Як свідчить практика, впровадження таких ГІС-моделей дає змогу покращити моніторинг стану водойм і оперативно реагувати на загрози (повені, забруднення) в регіоні.

### **3.3. ГІС-картографування водних об'єктів**

Згідно чинних нормативних документів водоохоронні зони (ВОЗ) проектуються довкола водойм (ставки, озера та водосховища) або вздовж

водотоків (річок й струмків). Тому, ключовою задачею на етапі формування тематичних моделей, було створення шару «Гідрографія».

Базовим матеріалом, як вже зазначалось, були дані дистанційного зондування, роздільною здатністю 5 м. (рис. 4.1). Дешифрування виконувалось візуально-логічним методом із використанням як прямих (форма та тон водних об'єктів) так і опосередкованих (ідентифікація чагарникової рослинності) ознак. Процес векторизації контролювався топографічною основою.

По кожному з цих об'єктів вносились атрибутивна інформація, щодо їх назви, площі або протяжності. У першу чергу було включено праві притоки р. Дністер а також невелика кількість ставків. Сюди ми також включили р. Прут, Сірет та Черемоші. Загалом ця категорія дешифрувальних об'єктів вирізняється незначним поширенням на території району. Окремо було виділено меліоративні канали та ставки що висихають.

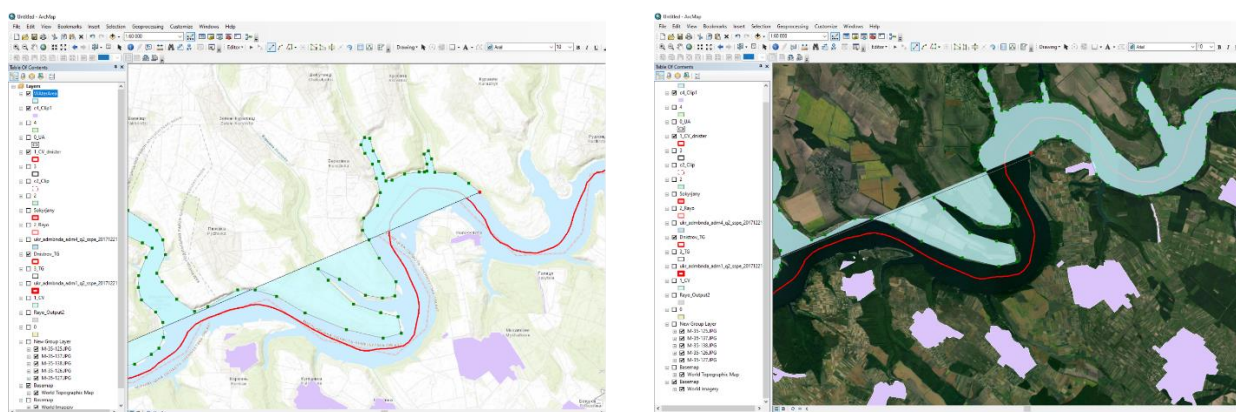


Рис. 3.4. Векторизація р.Дністер за картосною та комічними зображеннями

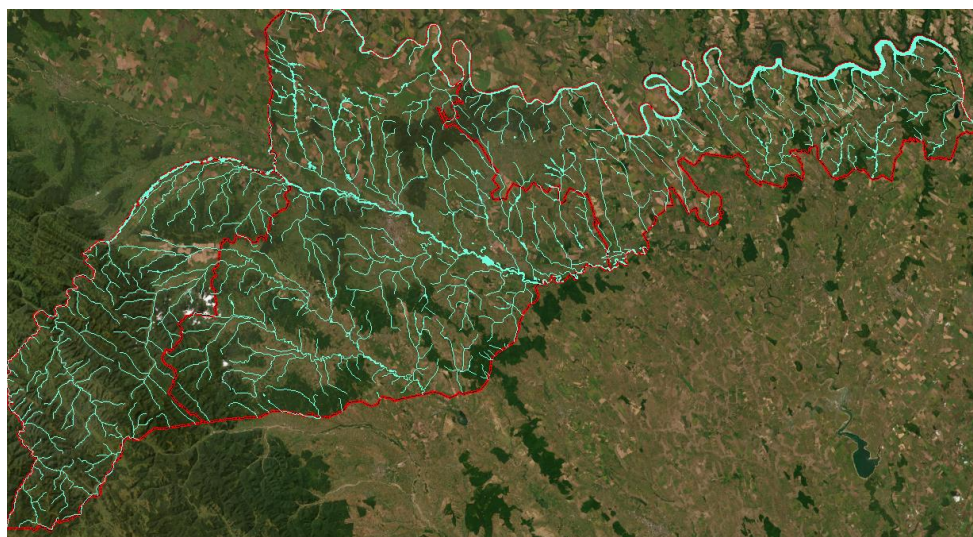


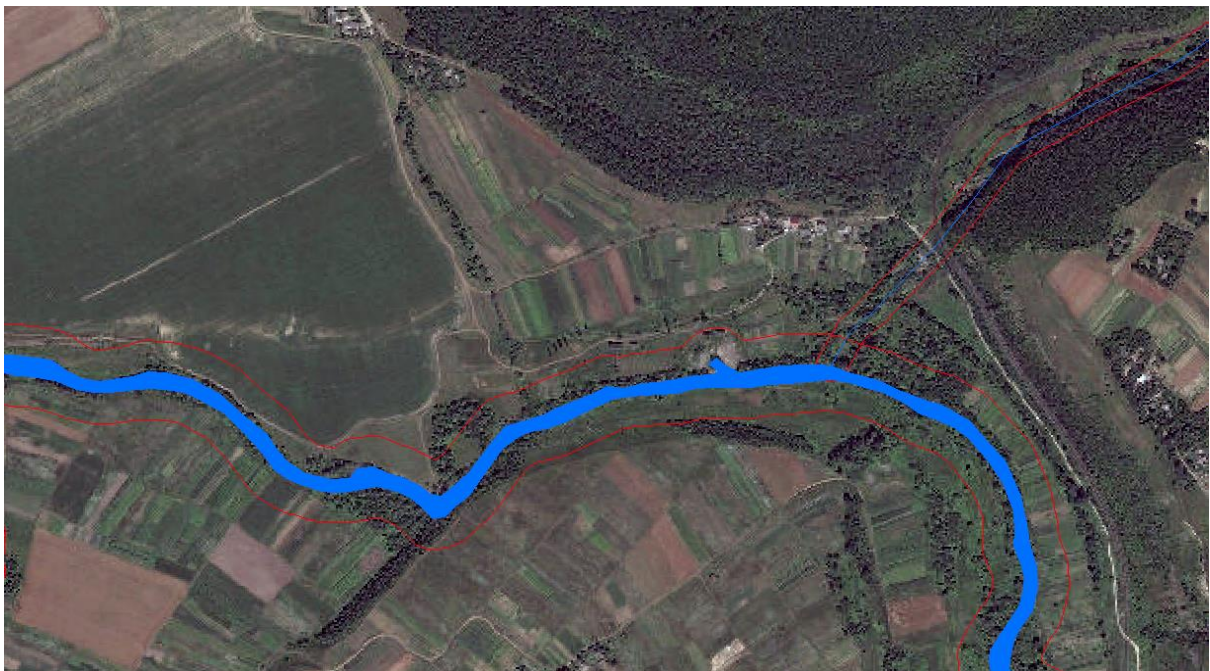
Рис. 3.5. Вікно ArcGIS 10.8 із віддешифрованими елементами «Гідрографія»

### *Формування водоохоронних зон в середовищі ArcMap*

Завдання які стосуються визначення розмірів й встановлення меж водоохоронних зон має певні особливості, а саме від розмірів самого водного об'єкта. Так як на території Чернівецької області виокремлюються: 4 річки та 50 ставків середнього розміру, то для них розміри водоохоронних зон мають становити 50 метрів; для інших об'єктів – 25 метрів.

Для реалізації цього завдання було використано інструмент ArcToolbox програмного комплексу ArcMap. Він дозволив створити буферні зони відповідної величини за допомогою вкладки *Analysis Tools* → *Proximity* → *Buffer*.

Варто відзначити, що розміри водоохоронних зон корегуються з урахуванням рельєфу місцевості (подвоюються при крутизні схилу більше  $3^\circ$ ), рослинного покриву, характеру використання водних ресурсів. Ці умови вимагають поглибленого вивчення, тому спробуємо розглянути локальні особливості поширення водоохоронних зон.



*Рис. 3.7. Поширення природного трав'яного покриву в водоохоронній зоні*

Аналізуючи береги основних водних артерій регіону дослідження, в більшості випадків, простежується збереження природного трав'яного покриву в межах буферної зони, що пов'язано із низькою господарською освоєністю та антропогенною перетвореністю регіону.



Зворотній вигляд має стан прибережної смуги в межах найбільших поселень. Нажаль, встановлення обмежень використання земель дотичних до водних об'єктів не дає необхідних результатів. Як видно із цього рисунка в водоохорону зону потрапляє ряд будівель та споруд. Використовуючи інструменти ArcMap, можна створити реєстр об'єктів, які перебувають в межах дії водоохоронних зон із внесенням необхідної інформації.

Враховуючи, що в межах водоохоронної зони притримуються особливого господарського використання земель, то жовтим кольором ми відобразили розташування місцевих кладовищ, яке в більшості випадках знаходяться за межами 300-метрової санітарно-захисної зони.

Моделювання буферної зони кладовищ дає змогу наглядно побачити зону їх впливу, а у поєднанні з додаванням шару «Водоохоронна зона», значно обмежує корисну площу використання земельних ресурсів.

Спробуємо виконати зазначені дії на мікрорівні, тобто на локальному. Візьмемо для прикладу один із районних центрів області – смт. Кельменці, центр Дністровського району



*Рис. 3.8. Векторизація водних об'єктів на космознімках*



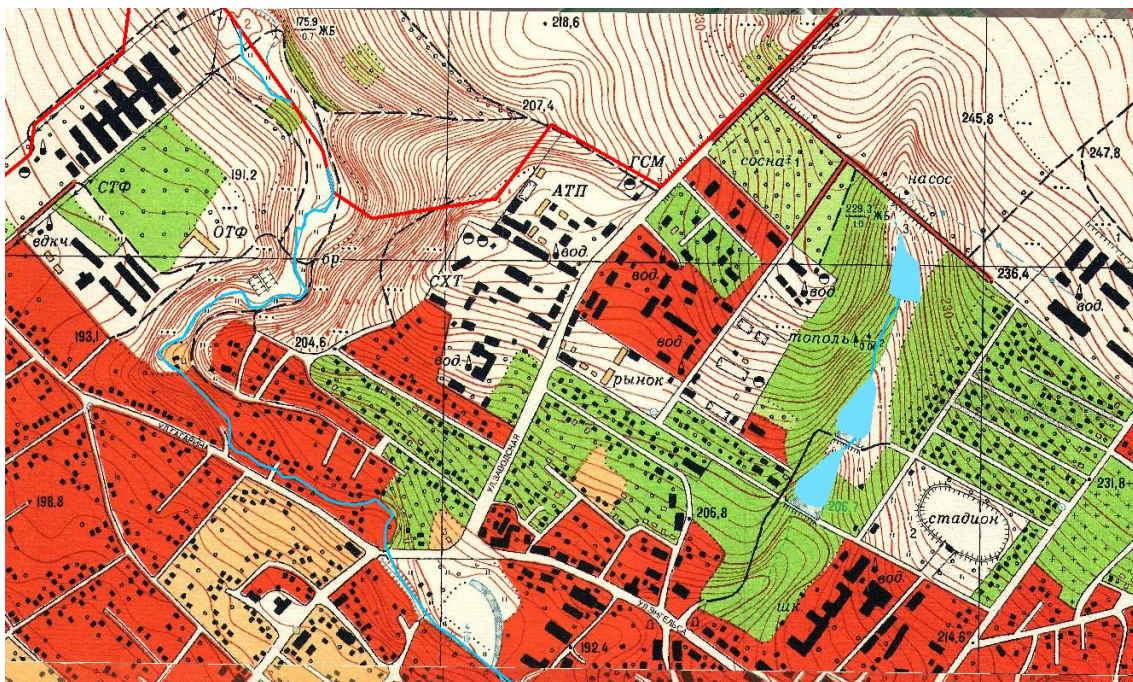
Базовим матеріалом, як вже зазначалось, були дані ДЗЗ, роздільною здатністю 5,0 м. Дешифрування виконувалось візуально-логічним способом, із використанням як прямих (тон та форма водних об'єктів) так й опосередкованих (ідентифікація чагарникової рослинності) ознак. Процес дигіталізації контролювався топографічною підкладкою.

По кожному із цих об'єктів вносились атрибутивна інформація, щодо їхньої назви, площі або протяжності.

У підсумку ми отримали набір векторних шарів (53 об'єкти) з необхідною для нас інформацією, у розрізі наступними категорій:

- 1) малі річки (р. Сурша та її притоки);
- 2) водойми площею до 3 га;
- 3) копанки;

Окремо було виділено дренажні канали та ставки що висихають.



*Рис. 3.9. Уточнення назв та розташування водних об'єктів*

Наступною задачею при написанні магістерської роботи, було виокремлення зон особливого режиму використання, тобто режим землекористування, що обмежує певні види господарської або правової діяльності. Як відомо, на території таких зон встановлюють особливий режим землекористування.

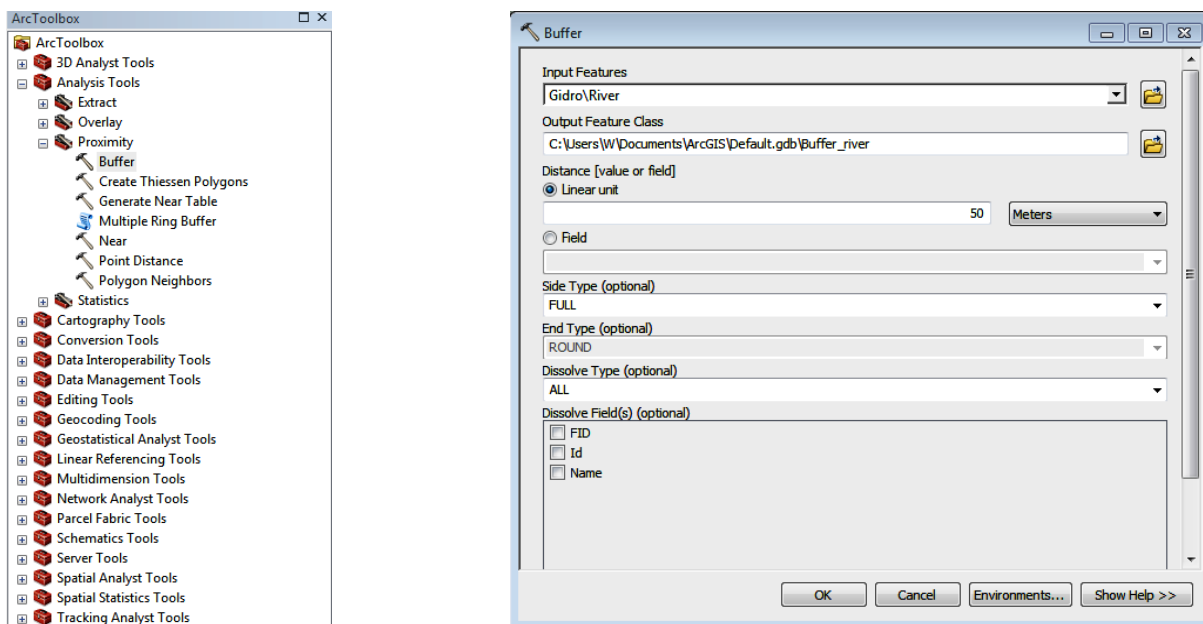


Рис. 3.10. Вигляд інструменту ArcToolbox та його використання

Завдання визначення розмірів й встановлення меж водоохоронних зон має певні особливості, а саме від розмірів самого водного об'єкта. Так, як на території смт. Кельменці виокремлюються: 2 струмки та 10 ставків малого розміру, то для них розміри ВОЗ мають становити 25 метрів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Фрагмент класифікатора обмежень та обтяжень у використанні земельних ділянок

| Код виду обмежень (обтяжень) | Код типу обмежень (обтяжень) | Код обмеження (обтяження) у використанні земельної ділянки | Назва                                                    | Основні законодавчі, нормативно-правові акти, які встановлюють обмеження (обтяження) у використанні земель |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                            | 2                            | 3                                                          | 4                                                        | 5                                                                                                          |
| 01                           |                              |                                                            | <b>ОБМЕЖЕННЯ У ВИКОРИСТАННІ ЗЕМЕЛЬ</b>                   |                                                                                                            |
|                              | 01.01                        |                                                            | Охоронні зони                                            | Земельний кодекс України                                                                                   |
|                              |                              | 01.01.01                                                   | охоронна зона навколо об'єкта природно-заповідного фонду | Закон України "Про природно-заповідний фонд"                                                               |
|                              |                              | 01.01.02                                                   | охоронна зона навколо об'єкта культурної спадщини        | Закон України "охорону культурної спадщини"                                                                |



Для реалізації цього завдання було використано інструмент Arc Toolbox програмного комплексу Arc Map. Він дозволив створити буферні зони відповідної величини за допомогою вкладки *Analysis Tools*→*Proximity* → *Buffer* (рис. 3.10).

У спливаючому вікні указуємо вихідний векторний шар формату шейп, місце збереження буферу й лінійний розмір водоохоронних зон в метрах (в обидва боки лінійного або уздовж периметра площинного об'єкта). Ці дії повторюємо, із кожним новоствореним об'єктом, отримуючи у кінцевому варіанті водоохоронні зони які ми забарвили жовтим кольором (рис. 3.11).

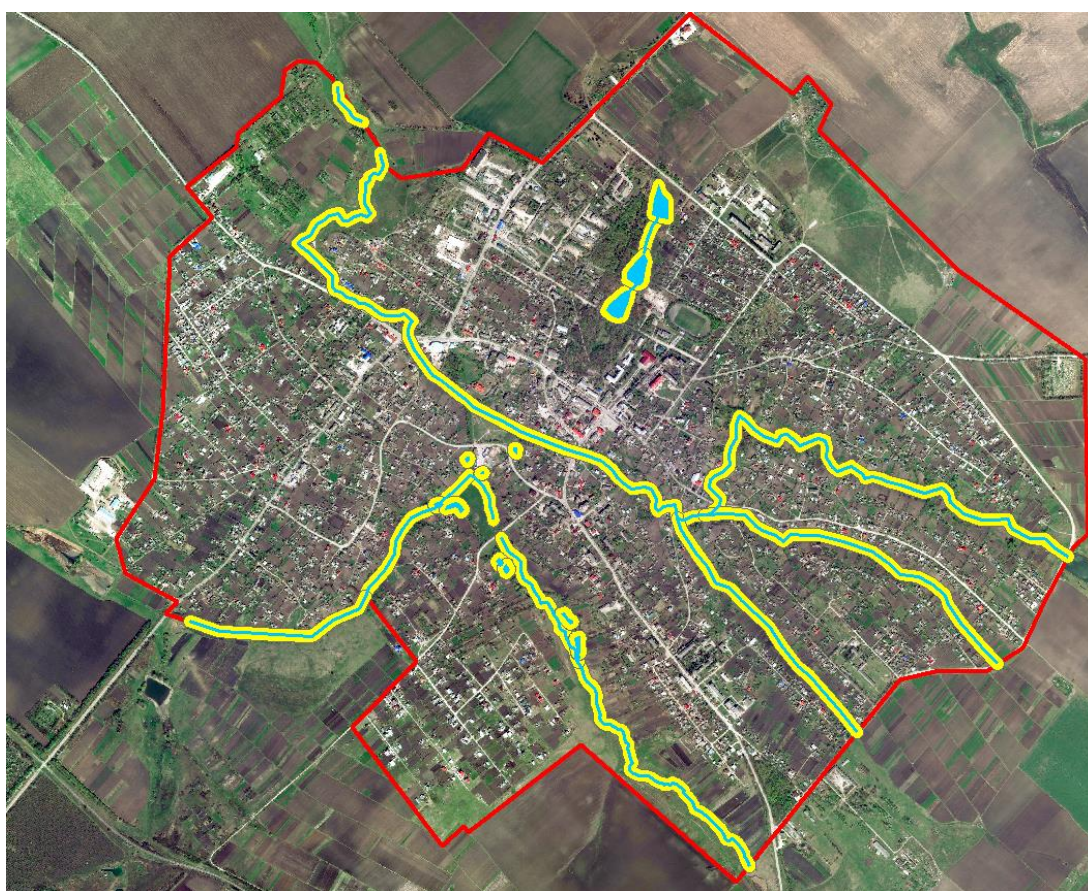


Рис. 3.11. Буферні водоохоронні зони на снт. Кельменці

Слід відзначити, що розміри водоохоронних зон корегуються із урахуванням рельєфу місцевості (подвоюються, якщо крутизна схилу більше  $3^\circ$ ), характеру використання водних ресурсів й рослинного покриву. Ці умови вимагають поглибленого вивчення, отже спробуємо розглянути локальні особливості поширення водоохоронних зон.

Аналізуючи береги основних водних артерій селища, в більшості випадків, простежується збереження природного трав'яного покриву у прибережних



зонах, проте в межах буферної зони, спостерігається господарська освоєність та антропогенна перетвореність регіону (рис. 3.12).

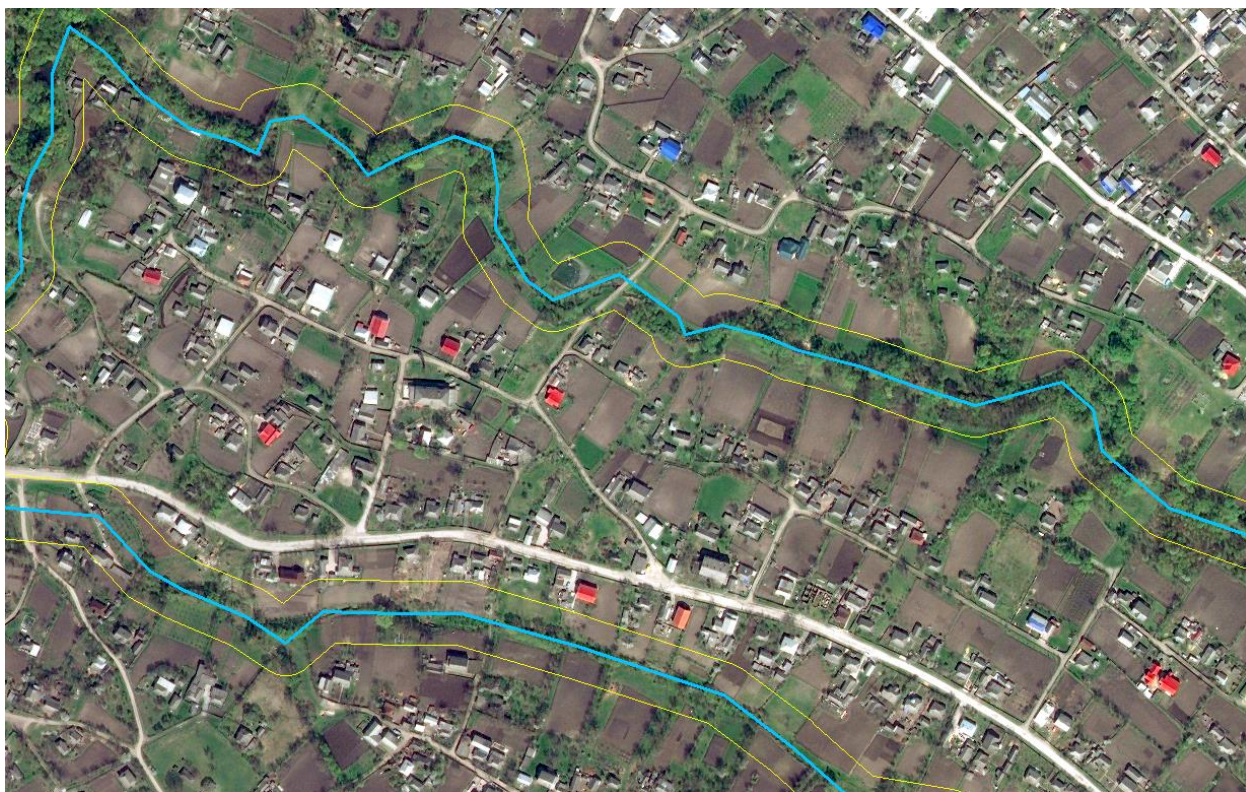


Рис. 3.12. Поширення природного трав'яного покриття в водоохоронній зоні

Отримані результати ми порівняли із тим самим онлайн-сервісом Публічної кадастрової карти, де в оновленому режимі можна активувати шар «Умовна прибережна захисна смуга», що у нашому трактуванні більше відповідає водоохоронній зоні (рис. 3.13).

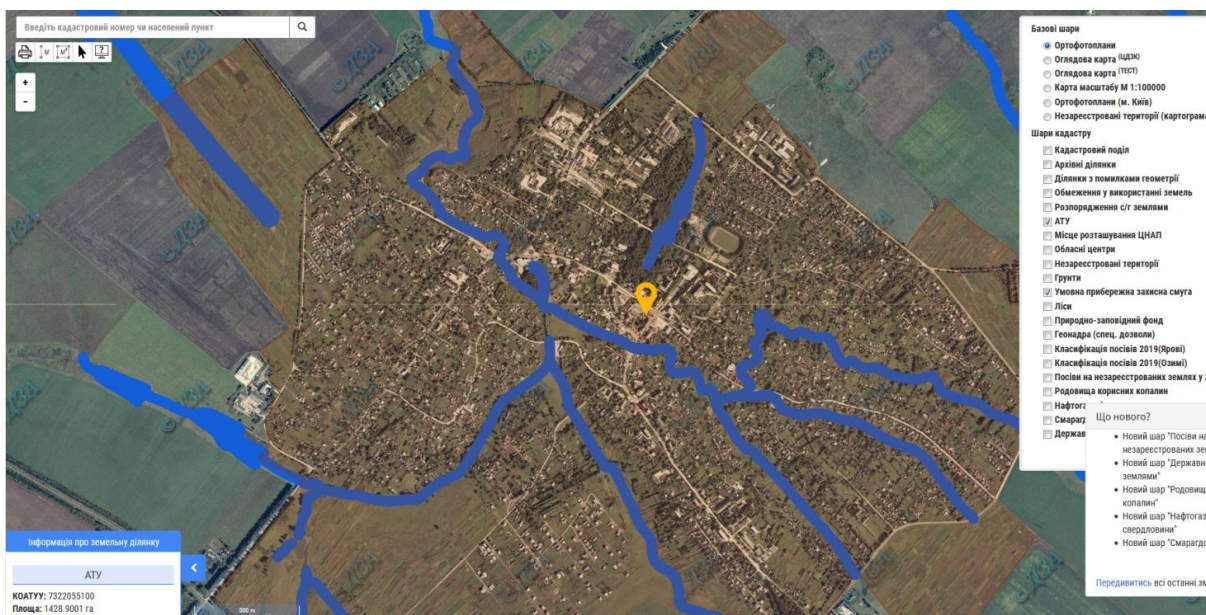
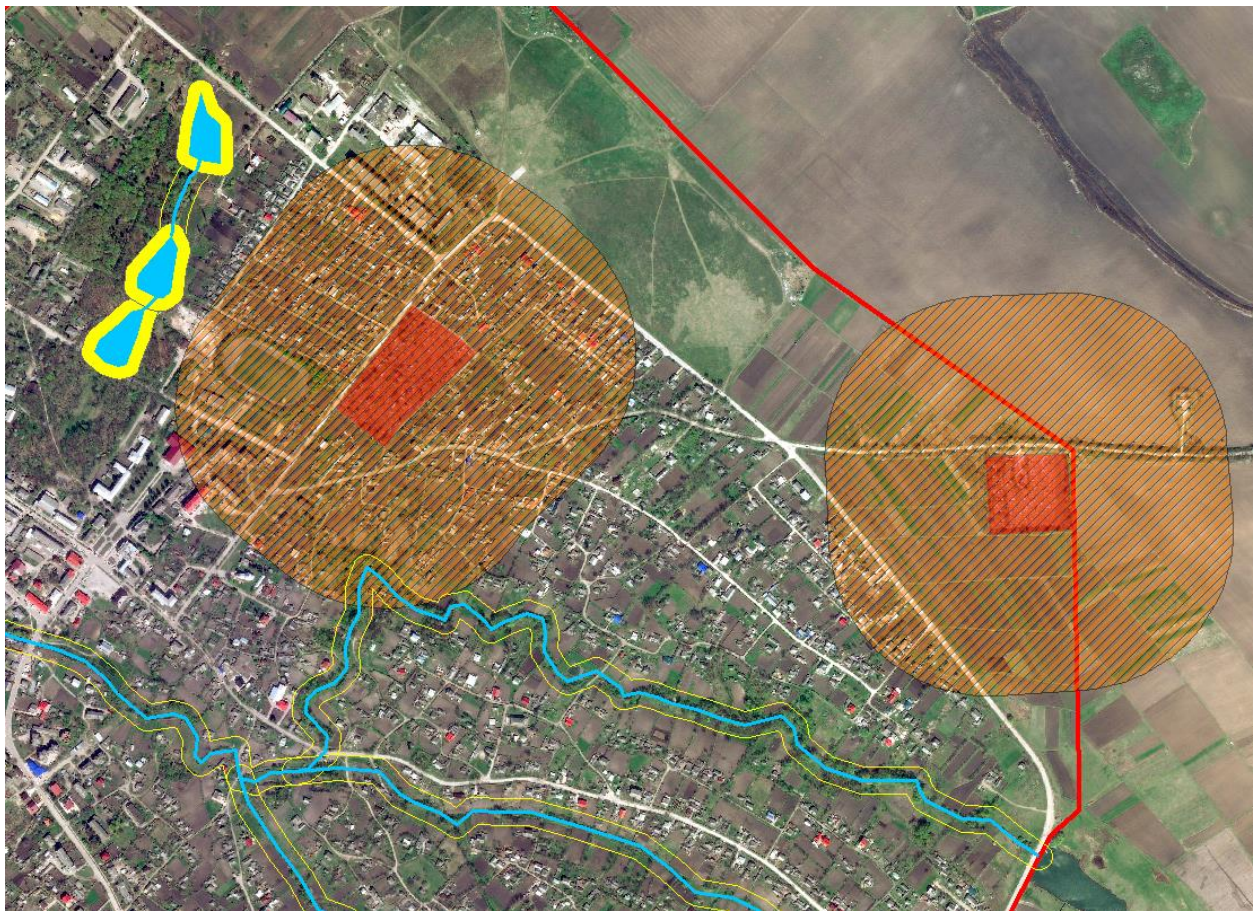


Рис. 3.13. Вигляд функції «Умовна ПЗС»



Ураховуючи, що у межах водоохоронної зони притримуються особливого землекористування, то помаранчевим кольором ми відобразили розташування місцевих кладовищ, які в більшості випадках знаходяться за межами 300-метрової санітарної захисної зони. Загалом на території смт. Кельменці зосереджено 2 кладовища – старе та нове, загалом їх розташування відповідає санітарним нормам щодо розташування поблизу водних об'єктів або колективних садів (рис. 3.14)



*Рис. 3.14. Розташування 300 метрової СЗЗ кладовищ*

Моделювання буферної зони кладовищ дає змогу наглядно побачити зону їх впливу, а у поєднанні з додаванням шару «Водоохоронна зона», значно обмежує корисну площу використання земельних ресурсів.

Далі, використовуючи інструменти додаткового модулю «Управління даними» оберемо меню «Обробки растру» «Обрізати» (рис.3.15).

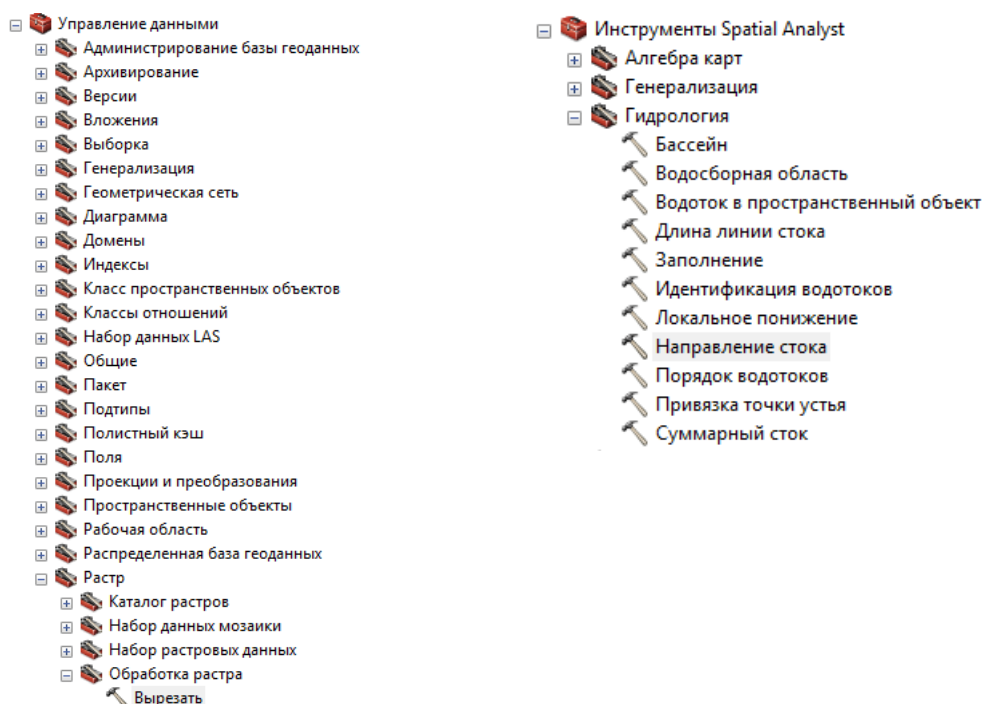


Рис. 3.15. Инструменты дополнительного модуля «Управление данными» группы «Растр» та Spatial Analyst» группы «Гидрология»

За допомогою команди: «Terrain Preprocessing – DEM Manipulation – Fill Sinks» виконуємо процедуру підготовки зображення до моделювання. На цьому етапі може статись так, що зображення будуть неякісними. Це може бути спричинено пустими пікселями. Тому варто відшукати ці пікселі і анулювати їх вплив на подальший результат. Тобто, якщо якийсь із пікселів випадає, то ми його згладжуємо і встановлюємо йому значення на основі екстра та інтерполяції. Після такої постпідготовки можна приступати до наступної дії.

На цьому етапі ми визначили напрямки ухилів для кожного пікселя зображення. Всіх напрямків буде 8: 4 додаткових та 4 основних (північ, південь, захід, схід). Для виконання цього етапу потрібно використати додатковий модуль інструментів «Spatial Analyst» групи Гидрология інструмент «Напрямок стоку» (рис. 3.16)



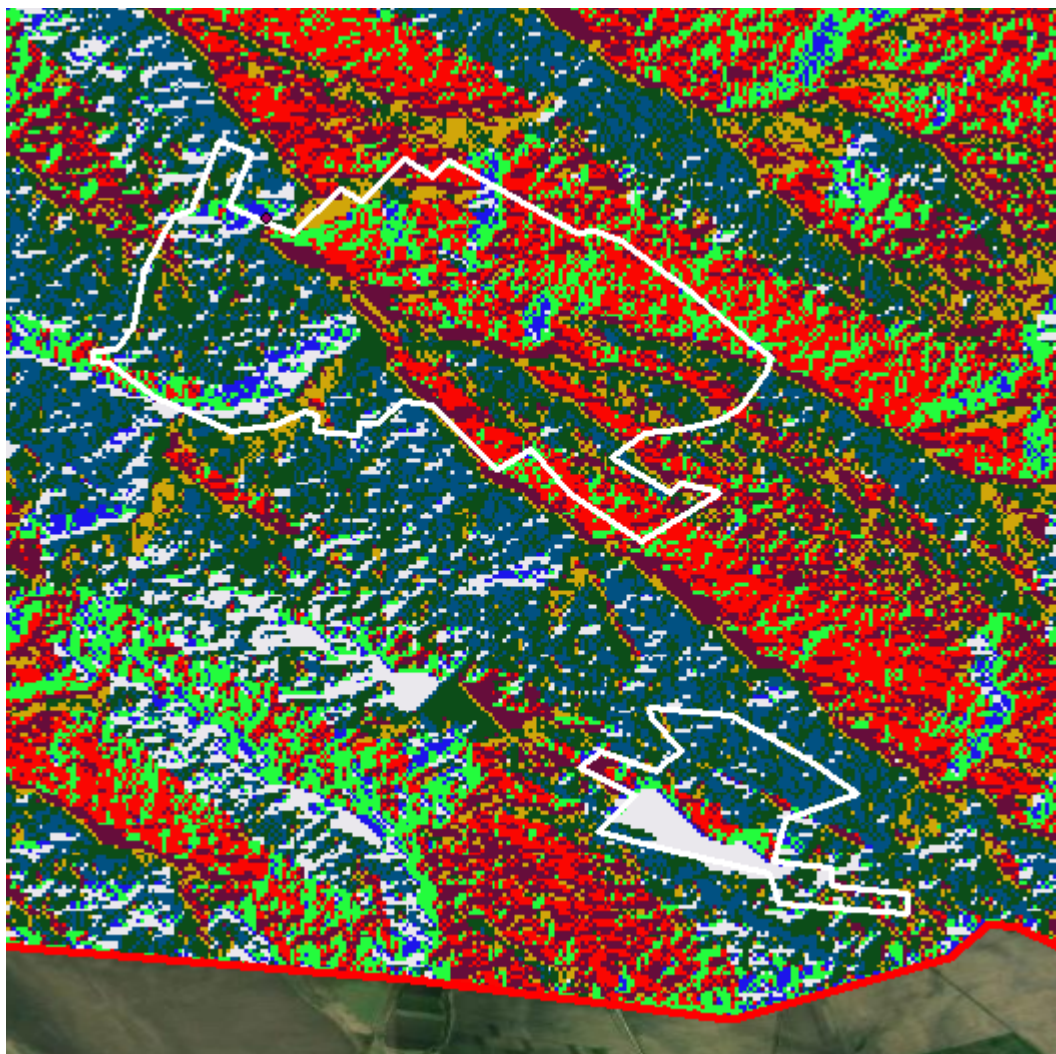


Рис.3.16. Результат використання Spatial Analyst групи Гідрологія інструмент «Напрямок стоку»

Варто відзначити, що питання об'єктивності отриманої інформації на макро а також мікро рівні, у межах навіть рандомного населеного пункту – Кельменці, не кажучи вже про інші частини області, потребує глибшого аналізу. Для вирішення цих завдань ми обрали декілька ключових ділянок, які знаходяться на території Чернівецької області, зокрема русел річок Сірет, Черемошу та Прута (рис. 3.17).



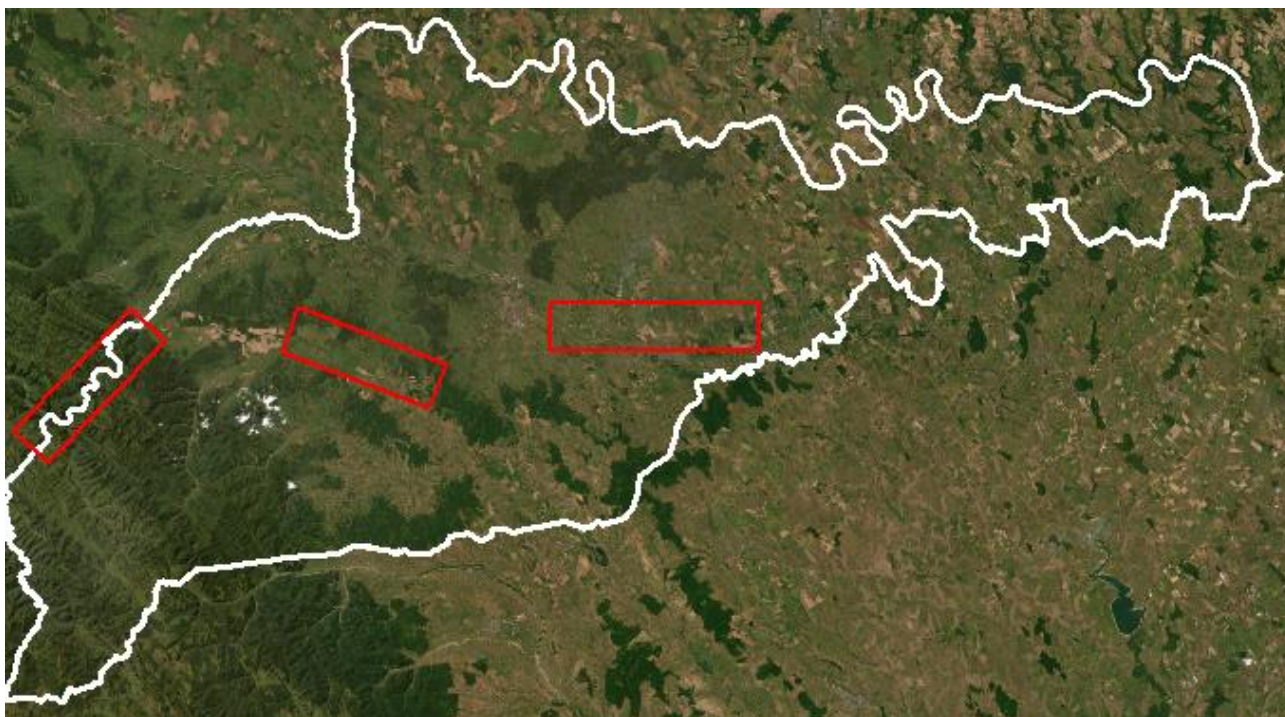


Рис. 3.17. Локації детального аналізу змін водного режиму річок Прута, Сірету та Черемошу

Використання знімків при аналізі земель під водними об'єктами дає змогу оцінити ситуацію досліджуваної території в плані подальшого розвитку природничих ландшафтів. На наведених ортофотознімках рисунка 3.18 простежуються помітні зміни русла річки Сірет упродовж 2006–2021 років. У 2006–2010 рр. русло виглядало відносно стабільним, із характерними меандрами та незначними переформуваннями берегів. До 2018 року помітно посилюється заростання заплави та зменшується площа відкритих піщаних мілин, що свідчить про укріплення берегів рослинністю. На знімку 2021 року видно подальше звуження активної течії та локальні зміщення меандрів, ймовірно спричинені паводковими процесами.

Загалом русло демонструє природну динаміку: поступові деформації, зміни контурів заплави та активну взаємодію водного потоку з навколишнім середовищем.





Рис. 3.18. Частина р. Сирет (біля с. Панка) станом на 2006, 2010, 2018 та 2021 роки

Перенесемося до гірської річки – Черемошу, зокрема із локацією біля м. Вижниця (рис. 3.19). Так, у період між 2006 та 2010 роками русло зберігало багаторукавний характер, однак окремі рукави поступово звужувалися.

До 2018 року спостерігається активне переформування заплави та зменшення площі відкритих терас, що свідчить про перерозподіл потоків та можливий вплив паводків. У 2021 році видно подальше звуження окремих рукавів та укріплення берегів, ймовірно через природні процеси та часткове антропогенне втручання.



Загалом річка демонструє високу динамічність: постійні зміни руслової мережі, переформування заплави та адаптацію до гідрологічних умов гірського регіону.

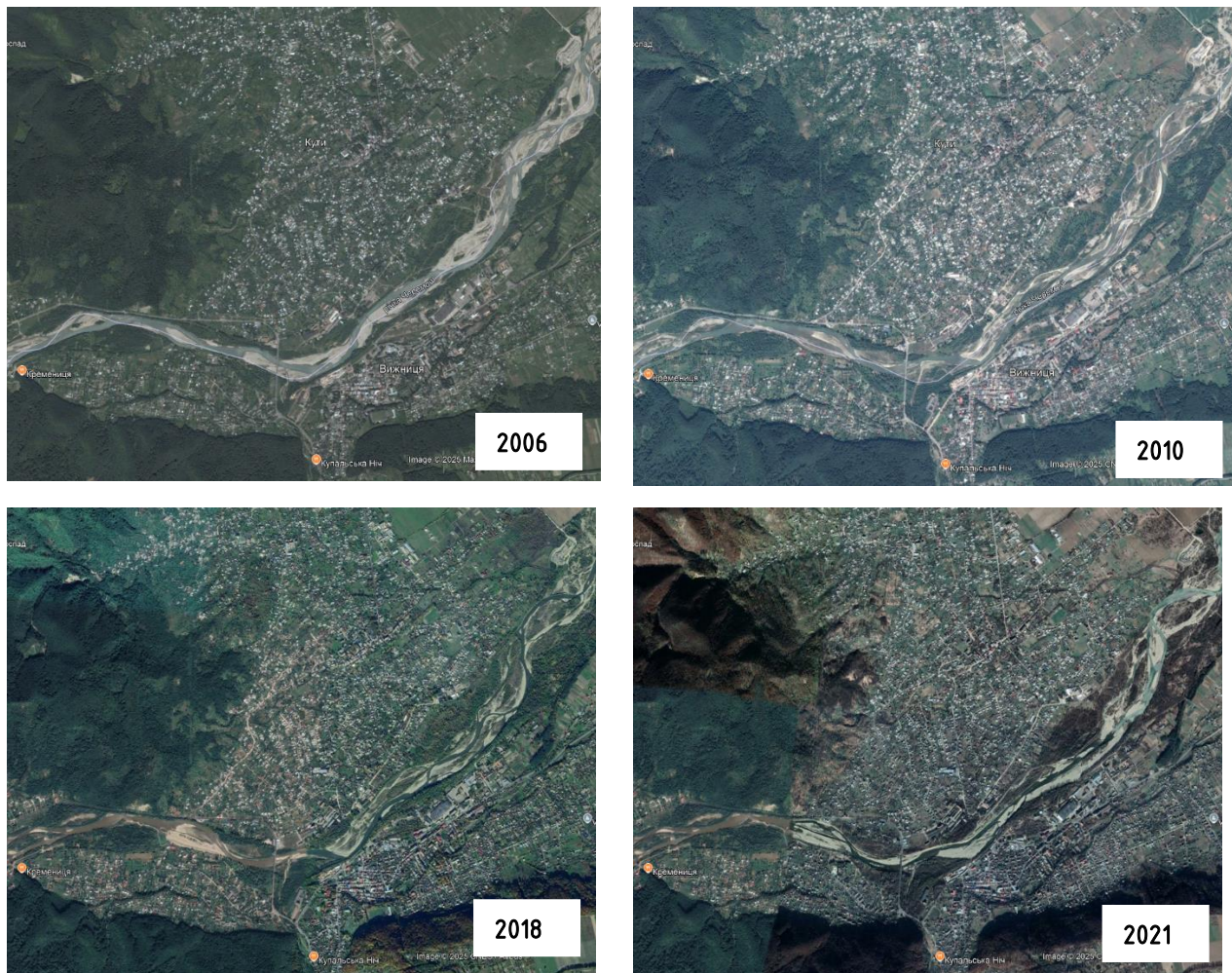


Рис. 3.19. Частина р. Черемош (біля м. Вижниця) станом на 2006, 2010, 2018 та 2021 роки

І нарешті дослідимо центрову річку, яка протікає через всю область по діагоналі, через обласний центр (рис. 3.20). На знімках річки Прут біля м. Новоселиця видно суттєву динаміку русла впродовж 2006-2021 років. У 2006-2010 рр. русло мало виразний меандричний характер із широкою заплавою та численними відгалуженнями. До 2018 року окремі меандри частково випрямляються, а заплава місцями заростає, що свідчить про стабілізацію окремих ділянок та зменшення активної ерозії. На знімку 2021 року спостерігається помітне переформування окремих меандрів та звуження деяких руслових гілок, імовірно внаслідок паводків або інженерних втручань.



Загалом річка демонструє активні руслові процеси: міграцію меандрів, зміну ширини русла та перерозподіл потоків у межах заплави.

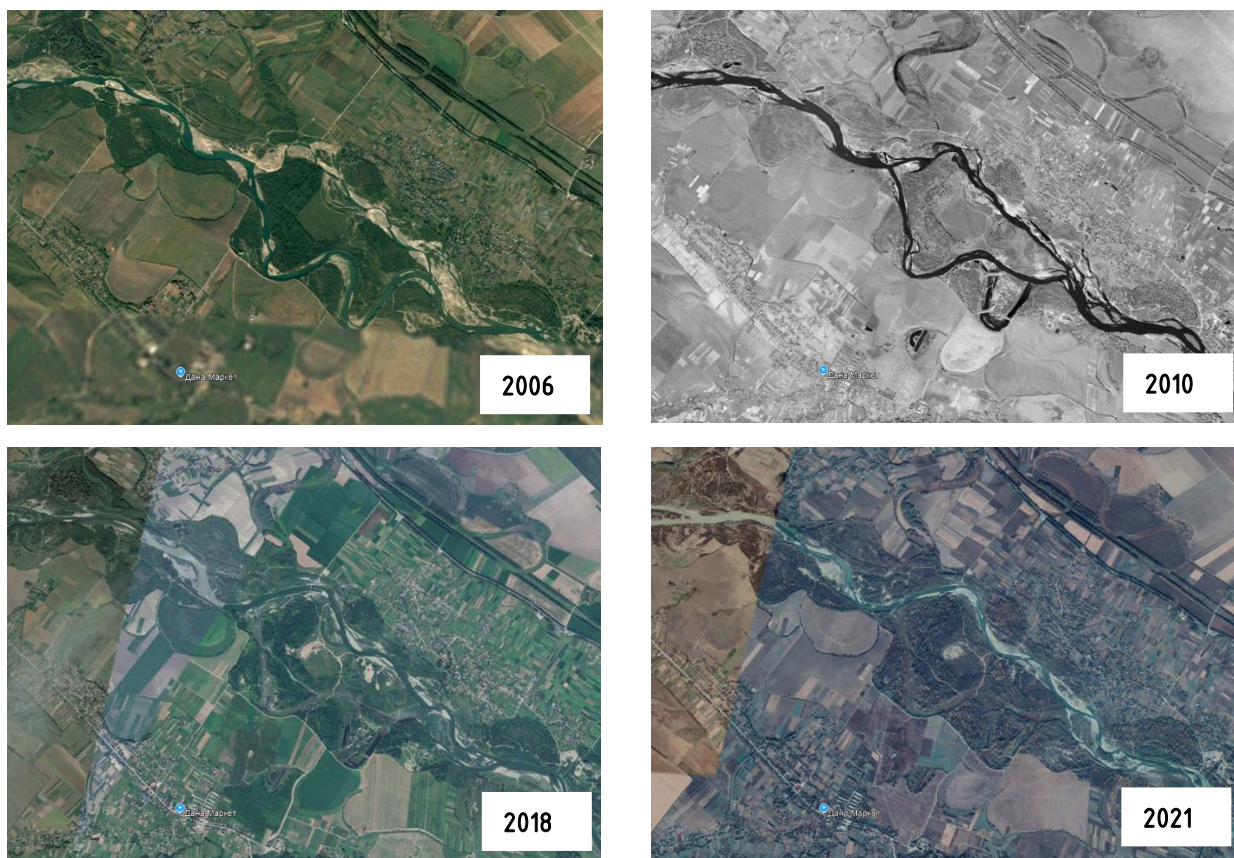


Рис. 3.20. Частина р. Прут (біля м. Новоселиця) станом на 2006, 2010, 2018 та 2021 роки

### Висновки до 3 розділу

У ході виконання третього розділу було здійснено комплексну оцінку стану водних ресурсів Чернівецької області з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу. Застосування супутникових знімків Sentinel-2, Sentinel-1 та архівних матеріалів Landsat забезпечило можливість отримати об'єктивні, регулярні та просторово узгоджені дані, необхідні для моніторингу річкових систем і водойм регіону.

Інтеграція супутникових даних у ГІС-середовище дала змогу отримати оновлені шари водних об'єктів, гідрографічної мережі, заплав та водно-болотних угідь. Побудовані моделі дозволили деталізувати структуру водного фонду області, уточнити межі річкових долин та ідентифікувати потенційно ризикові ділянки щодо підтоплення. Аналіз просторово-часових змін підтвердив актуальність використання ДЗЗ для оперативного контролю за динамікою малих річок та ставків, які є найбільш чутливими до кліматичних коливань.

## ВИСНОВКИ

У процесі магістерського дослідження було комплексно розглянуто теоретичні, методичні, технологічні та прикладні аспекти моніторингу водних об'єктів за допомогою даних ДЗЗ.

Державний водний кадастр є інформаційною основою управління водними ресурсами, що забезпечує систематизацію даних про кількість, якість та використання вод. Його структура охоплює поверхневі, підземні та морські води, включаючи водоохоронні зони та прибережні захисні смуги. Методичні засади ведення ДВК базуються на принципах комплексності, об'єктивності, уніфікації та інтегрованого управління річковими басейнами. Встановлено, що кадастрові дані відіграють ключову роль у визначенні правового режиму земель водного фонду та у плануванні природоохоронних заходів. Ефективність ДВК залежить від актуальності гідрологічних спостережень та узгодженості нормативно-правової бази.

Встановлено, що найважливішими джерелами супутникової інформації для моніторингу водних ресурсів є дані платформ Sentinel-1/2, Landsat 8–9, MODIS, а також спеціалізовані місії GRACE та Sentinel-3. Sentinel-2 забезпечує високу просторову та спектральну розрізненість, необхідну для картування берегових ліній, озер та водно-болотних угідь. Sentinel-1 (SAR) є основним ресурсом для всепогодного моніторингу паводків і підтоплень. Дані Landsat дозволяють аналізувати довготривалі часові ряди. GRACE забезпечує оцінку змін загальних запасів води. Сукупність цих ресурсів забезпечує надійну, регулярну та безкоштовну інформаційну базу для водного менеджменту.

Обробка супутникових даних включає радіометричну, атмосферну та геометричну корекцію, що забезпечує стабільність і порівнянність зображень у часі. Для виділення водної поверхні застосовуються спектральні індекси (NDWI, MNDWI), багатоканальні класифікації та машинне навчання. SAR-дані вимагають фільтрації спеклу та аналізу зворотного розсіювання. ГІС-інтеграція дозволяє поєднувати супутникові знімки з базовими кадастровими та гідрографічними шарами. Комплексна обробка дає можливість точно визначати

межі водойм, моніторити їх сезонну й міжрічну динаміку та оцінювати якісний стан водних об'єктів.

Моніторинг водних ресурсів області виконано на основі супутникових даних Sentinel-2 та Sentinel-1 з урахуванням гідрографії басейнів Прута, Дністра й Сірету. Розрахунок індексів NDWI та класифікація зображень дозволили ідентифікувати динаміку рівнів води, сезонні зміни русел та площу водно-болотних угідь. SAR-дані дали можливість оцінити паводкові зони та підтоплення незалежно від хмарності. Отримані ГІС-шари дозволили уточнити просторову структуру водних об'єктів і виявити ділянки потенційних екологічних ризиків. Методика може бути застосована для регулярного регіонального моніторингу.



### Список використаних джерел

1. Campbell J. B., Wynne R. H. Introduction to Remote Sensing. New York, 2019. 466 p.
2. Chuvieco E. Fundamentals of Satellite Remote Sensing. Elsevier, 2021. 456 p
3. European Space Agency. Sentinel-1, Sentinel-2 and Sentinel-3 Technical Guides. Paris, 2022. 188 p.
4. Jensen J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. Boston, 2016. 608 p.
5. Lillesand T., Kiefer R., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. New York, 2015. 736 p.
6. Pereira H. (Ed.). GIS and Water Resources Modelling. London, 2018. 312 p.
7. Richards J., Jia X. Remote Sensing Digital Image Analysis. Berlin, 2020. 494 p.
8. Schumann G., Bates P. W. The Use of SAR Data for Flood Mapping and Monitoring. Oxford, 2019. 210 p.
9. UNESCO. Integrated Water Resources Management: Guidelines and Best Practices. Paris, 2021. 140 p.
10. United States Geological Survey. Landsat Science Products Documentation. Washington, 2020. 122 p.
11. Абрамов С. І., Гребінь В. В. Гідрологія України. Київ: Ніка-Центр, 2016. 408 с.
12. Бордюжа А.С. Сучасний стан інформаційного забезпечення управління земельними ресурсами в системі аграрного виробництва України / А.С. Бордюжа // Збірник наукових праць за матеріалами II Всеукраїнської науково\_практичної Інтернет\_конференції "Економіка природокористування: стан, проблеми, перспективи" (ЕПК — 2016), м. Ірпінь, 29 березня 2016 р. — Ірпінь: УДФСУ, 2016. — С. 31 — 40.
13. Водний кодекс України : від 6 червня 1995 р. – № 213/95-ВР. // ВВР

України, 1995. – № 24.

14. Геопортал Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру : Науково-дослідний інститут геодезії та картографії / режим доступу: <http://dgm.gki.com.ua/map>

15. Державна служба статистики України. Статистичний щорічник України. Київ, 2022. 618 с

16. Дрогобицька К. В. Геоінформаційні системи. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2019. 278 с.

17. Дубняк С.С., Дубняк С.А. Засади, стан і перспективи створення водоохоронних зон на водних об'єктах України // Україна: Географічні проблеми сталого розвитку. Зб. наук. праць. В 4-х т. – К.: ВГЛ «Обрії», 2004. – Т.3. – С.247-248.

18. Земельний кодекс України. Коментар. – Харків: Одиссей, 2002р. – 402 с. Постанова Кабінету Міністрів України від 7 червня 2017 р. № 413 / Деякі питання удосконалення управління в сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/KP170413.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP170413.html)

19. Інститут «Укрводпроект». Гідрологічний моніторинг річкових басейнів України. Київ, 2022. 96 с.

20. *Космічні знімки серії Сентіinel-2*: – електронний ресурс, режим доступу через SAS. Planet / Google Maps– 2014.

21. Матеріали Держводагентства України щодо моніторингу водних ресурсів. Київ, 2023. 76 с.

22. Матеріали Держгеокадастру України щодо ведення земель водного фонду. Київ, 2020. 58 с.

23. Методика упорядкування водоохоронних зон річок України. – К.: Оріони, 2004. – 128 с.

24. Міщенко Л. І., Бондар О. І. Дистанційне зондування Землі. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2017. 240 с

25. Облікова картка Чернівецької області, від 1.01.2025 р. – офіційний веб-сайт Верховної Ради України : <http://gska2.rada.gov.ua/pls/z7502/A005?rdat1=16.11.2011&rft7571=13163>.

26. Постанова КМУ № 413 «Про порядок ведення державного водного кадастру». Київ, 1996. 24 с.

27. Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій Дніпровських водосховищ // За ред. В.Я. Шевчука. – К: „КСП”, 1999. – 182 с.

28. Семенчук І.М. Розвиток інформаційного забезпечення управління земельними ресурсами / І.М. Семенчук, О. В. Анисенко // Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво\_Могилянська академія"]. Сер.: Економіка. — 2014. — Т. 243, Вип. 231. — С. 113—117.

29. Шевчук В. М., Гіренок Л. М. Основи гідроекології. Київ: Либідь, 2012. 352 с.

30. Ющенко Ю.С., Гринь Г.І., Масікевич Ю.Г., Моїсєєв В.Ф., Солодкий В.Д., Змарада А.О., Байрачний В.Б. Загальна гідрологія: Навчальний посібник. Розділ 1.3. Методи гідрологічних досліджень [https://library.udpu.edu.ua/library\\_files/ece/6478\\_01.pdf](https://library.udpu.edu.ua/library_files/ece/6478_01.pdf)