

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРНОГО  
РОЗВИТКУ

КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ І ГЕОІНФОРМАТИКИ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
освітнього ступеня “магістр”

на тему **ОРГАНІЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В МЕЖАХ  
НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

Виконав: студент групи ЗВ 61 спеціальності  
193 «Геодезія та землеустрій»

**Черевичник Р.І.**

Керівник: к.е.н. доцент Колодій П.П.

Рецензент:

ДУБЛЯНИ - 2025р





Організація моніторингу водних ресурсів в межах населених пунктів. Черевичник Р.І. Кваліфікаційна робота освітнього ступеня “Магістр”. Кафедра геодезії і геоінформатики. - Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького., 2025, 62 с. текстової частини, 4 таблиці, 20 рисунків, 31 літературних джерел, 1 додаток, 15 презентаційних слайдів в програмі Power Point

Об'єктом дослідження є: водні ресурси, Закарпатської області та м. Мукачево. Предметом дослідження є: організація моніторингу водних ресурсів м. Мукачево.

Мета дипломної роботи: на основі супутникових знімків та топографічного знімання, виконати та порівняти способи моніторингу водних ресурсів Закарпатської області зокрема м. Мукачево.

Метою даного дослідження є створення та апробація підходу до автоматизованого аналізу та обробки супутникових даних високої якості у поєднанні з даними топографічної зйомки з метою ідентифікації та кількісної оцінки змін динаміки, об'ємів і якісних характеристик водних ресурсів. Отримані результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані фахівцями екологічного профілю для оцінювання стану водних ресурсів Закарпатської області, зокрема території міста Мукачево.

Ключові слова: моніторинг водних ресурсів, дистанційні методи моніторингу, методи аналізу даних спостережень.

## ЗМІСТ

|          |                                                                                                                                 |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|          | <b>ВСТУП</b>                                                                                                                    | 6  |
| <b>1</b> | <b>ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ЯК ОСНОВА<br/>МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ</b>                                                   | 8  |
| 1.1      | Організація дистанційних спостережень у системі моніторингу<br>використання водних ресурсів                                     | 8  |
| 1.2      | Інвентаризація об'єктів водного фонду та прилеглих територій                                                                    | 13 |
| 1.3      | Моніторинг кризових явищ та їх геоінформаційний аналіз                                                                          | 19 |
| <b>2</b> | <b>ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ<br/>ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>                                                          | 22 |
| 2.1      | Характеристика природно-кліматичних умов Закарпатської<br>області.                                                              | 22 |
| 2.2      | Характеристика природоресурсного потенціалу міської<br>територіальної громади                                                   | 25 |
| <b>3</b> | <b>ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВА-<br/>ННЯ ТА ГЕОДЕЗИЧНИХ ДАНИХ У СИСТЕМІ СПО-<br/>СТЕРЕЖЕНЬ ЗА ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ</b> | 31 |
| 3.1      | Визначення основних характеристик водних ресурсів за даними<br>дистанційного зондування                                         | 31 |
| 3.2      | Геодезичне забезпечення для оцінки змін в процесі моніторингу<br>водних ресурсів                                                | 35 |
| 3.3      | Моніторингове дослідження площ водних поверхонь на тери-<br>торії м.Мукачево                                                    | 39 |
| 3.4      | Використання супутникових даних для управління водними<br>ресурсами                                                             | 43 |
| 3.5      | Застосування методів дистанційного зондування у системі<br>оцінки якості поверхневих водних ресурсів та екосистем               | 44 |
| 3.6      | Автоматизована обробка та аналіз даних дистанційного<br>зондування у програмному комплексі ArcGis                               | 50 |
| <b>4</b> | <b>ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>                                                                                         | 53 |
|          | <b>ВИСНОВКИ</b>                                                                                                                 | 58 |
|          | <b>БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК</b>                                                                                                    | 59 |
|          | Додаток                                                                                                                         | 63 |

## ВСТУП

Ефективне та раціональне використання природних ресурсів та охорона навколишнього середовища є важливим аспектом розвитку України та всіх держав. Природні ресурси це основа життя населення та функціонування економіки, тому їхнє збереження, відновлення та збалансоване використання є ключовими умовами сталого соціально-економічного розвитку країни.

Стан довкілля залишається однією з важливих соціально-економічних проблем, котрі безпосередньо або опосередковано впливають на кожного мешканця. Актуальні екологічні дані сьогодні привертають особливу увагу органів влади, громадських організацій, політичних інституцій та засобів масової інформації. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є отримання достовірної та своєчасної інформації про стан природного середовища.

Одним із найсучасніших методів збору таких даних є супутникове дистанційне зондування Землі. Разом із тим, цей підхід має певні обмеження: супутники виводяться на орбіту різними країнами і мають обмежений термін служби, що створює проблему утилізації відпрацьованих апаратів. На сьогодні на навколоземній орбіті розміщено біля 18 000 об'єктів, що може у подальшому загрожувати екології та існуванню всього живого.

Незважаючи на ці виклики, супутникові дані характеризуються високою точністю та практично не піддаються фальсифікації. Вони доступні у відкритому доступі та мають різний рівень просторового розрізнення, що дозволяє охоплювати будь-які території Землі. Для отримання необхідної інформації достатньо визначити час і місце спостереження, що забезпечує ефективний моніторинг різних регіонів.[1]

Актуальність роботи. Вода є базовим природним ресурсом і необхідною умовою існування всіх живих організмів на планеті. Людина не здатна вижити без води протягом тривалого часу. Водночас рівень ефективності використання та управління водними ресурсами у світі залишається недостатнім. Проте сучасні тенденції свідчать про поступове зменшення негативного антропогенного впливу на водні екосистеми.

Супутникові дані відіграють важливу роль у системі екологічного моніторингу, забезпечуючи достовірну інформаційну основу для оцінювання стану природних ресурсів. Моніторинг водних об'єктів міста Мукачево є особливо актуальним завданням, оскільки однією з основних екологічних проблем регіону є забруднення водойм унаслідок скидання стічних вод, а також підтоплення низинних територій, яке впродовж останніх десятиліть перетворилося на серйозну загрозу. Застосування супутникових матеріалів дає змогу здійснювати комплексний аналіз водних ресурсів міста за різними показниками.[2]

Крім того, дослідження стану водних ресурсів може виконуватися із використанням топографічного знімання місцевості в масштабі 1:500, що буде детальніше розглянуто у наступних розділах роботи.

## **1. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ЯК ОСНОВА МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

### **1.1. Організація дистанційних спостережень у системі моніторингу використання водних ресурсів**

В Україні діє національна система спостережень за станом поверхневих вод, яка надає користувачам можливість використовувати інтерактивні картографічні ресурси з інформацією про обсяги та якісні показники водних ресурсів. Починаючи з 2019 року, в державі реалізуються підходи до водного моніторингу, у сумісності із європейськими стандартами та вимогами Водної рамкової директиви ЄС, а у 2018 році Урядом було ухвалено оновлений порядок організації та проведення державного спостереження за водними ресурсами.[3]

Ключові нововведення передбачають упорядкування повноважень між установами, котрі здійснюють моніторинг, що дало змогу мінімізувати повторення їхніх функцій. Крім того, було розширено перелік показників спостережень за водними об'єктами шляхом запровадження параметрів, які раніше не визначалися на території України, зокрема пріоритетних та гідроморфологічних індикаторів.

Організація та методика проведення державного моніторингу вод визначаються його метою та завданнями і передбачають застосування таких видів спостережень: діагностичного моніторингу масивів поверхневих і підземних вод для комплексної оцінки їхнього загального стану; операційного моніторингу з метою контролю якості вод у зонах потенційного або фактичного антропогенного навантаження; а також дослідницького моніторингу поверхневих вод, спрямованого на поглиблений аналіз процесів і встановлення причин змін показників якості водного середовища.

Державне агентство водних ресурсів України веде сайт з публікацією результатів державного моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів. На території м.Мукачеве діють два пункти спостереження на р.Латориця (103 та 111км її течії, рис.1.1).

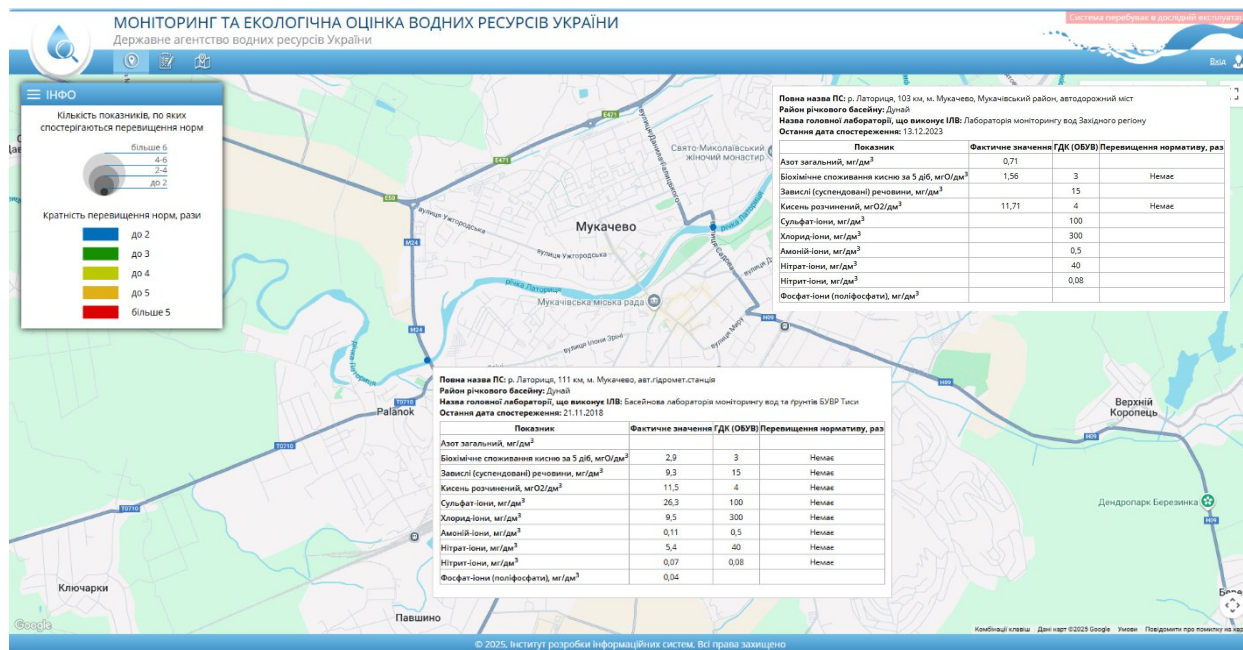


Рисунок 1.1. Інформація щодо показників якості води в р.Латориця в межах м.Мукачеве (дані сайту <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> )

Сучасні технології, зокрема супутникові дані середнього (Landsat, Sentinel) та високого розрізнення дозволяють відстежувати геометричні параметри: динаміку зміщень русел водотоків, площ водних поверхонь а також низку гідрофізичних показників: межі коливання температури, кольоровості, прозорості, каламутності (наявність зважених частинок). Крім того висока повторюваність космічних зйомок дозволяє оперативню виявляти екологічні проблеми, такі як інтенсивний шлейф скидів стічних вод, різке обміління, антропогенні та природні зміни в прибережній смугі та інші показники. Інформація з космічних завдань, такі як Sentinel-1, Sentinel-2 або (Landsat), допомагають слідкувати за сезонними та довгостроковими коливаннями відміток рівня води. Беручи до уваги спектральні дані супутників, стає можливим оцінення прозорості води, забрудне-

ння її, та наявність хлорофілу та водоростей. Ці дані допоможуть виявити антропогенні проблеми та знизити ризик захворювань у мешканців регіонів.

Геоінформаційні підходи слугують ефективним доповненням до зазначених спостережень, підвищуючи точність отриманих даних та забезпечуючи їхню наочність і доступність для проведення наукових досліджень і обґрунтування управлінських рішень.[5]

Водночас супутникові дані відзначаються високою точністю та, що особливо важливо, практично не підлягають фальсифікації. Вони доступні у відкритому доступі та мають різні рівні просторового розрізнення, що дозволяє охоплювати будь-які регіони Землі. Для отримання необхідної інформації достатньо визначити відповідний час і місце спостереження, що забезпечує ефективний моніторинг різних територій. На рисунку 1.2 представлено основні напрями використання супутникових даних.

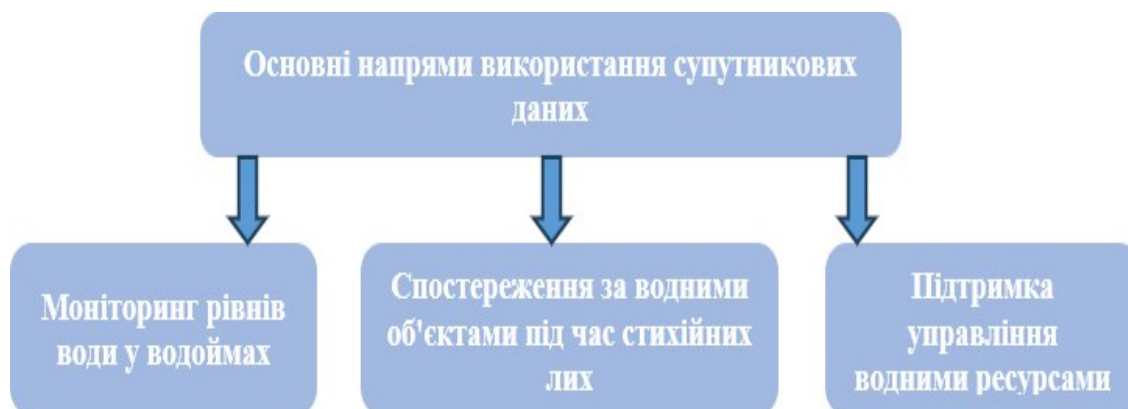


Рисунок 1.2 - Способи використання інформації з супутників

Супутникові системи забезпечують систематичне спостереження за об'ємом води в річках, озерах, водосховищах і морських акваторіях. Це забезпечує конкретні засоби для боротьби та мінімізації збитків.[7]

Супутникова інформація дає можливість аналізувати просторово-часові зміни водних об'єктів, зокрема процеси трансформації їхніх меж і площ, що відбуваються під впливом кліматичних змін або антропогенного навантаження. З її допомогою можна виявляти такі негативні явища, як зменшення водності річок чи деградація та висихання озер.

Крім того, дистанційні дані формують надійну інформаційну базу для обґрунтування рішень у сфері водокористування, проєктування та модернізації зрошувальних систем, а також для оцінювання наслідків водного дефіциту для аграрного сектору.

Основні переваги застосування супутникових даних:

- широке просторове охоплення — можливість отримання інформації навіть для віддалених і важкодоступних територій;
- систематичність спостережень — забезпечення регулярного оновлення даних і безперервного моніторингу;
- висока інформативність — отримання детальних характеристик стану водних ресурсів завдяки високій просторовій роздільній здатності знімків;
- економічна доцільність — використання відкритих супутникових програм (зокрема Sentinel та Landsat) дає змогу зменшити фінансові та часові витрати.

Також, супутникові технології можуть застосовуватися для забезпечення національної безпеки — контролю кордонів, відстеження переміщення літаків і суден, а також спостереження за незаконною діяльністю, зокрема браконьєрством, нелегальним видобутком корисних копалин чи міграційними потоками. У сучасних умовах супутникова інформація інтегрується з іншими технологічними рішеннями, до прикладу GIS, що дає змогу виконувати глибокий аналіз даних, будувати прогнози, планувати розвиток інфраструктури та оцінювати наслідки природних катастроф.

Відповідно до поставлених цілей дослідження передбачено:

- здійснення моніторингу гідрографічної мережі, що включає спостереження за трансформаціями русел водотоків та актуалізацію картографічних матеріалів;
- проведення гідрометричного контролю й удосконалення методів розрахунку гідрометричних характеристик із урахуванням чинників руслоформування, таких як об'єм і режим водного стоку, перенесення наносів, а також природні обмеження (базис ерозії, наявність твердих порід тощо);
- реалізацію гідрофізичного та гідрохімічного моніторингу з метою оціню-

вання теплового режиму водних об'єктів, процесів випаровування, рівня забруднення та загальної якості водних ресурсів;

- виконання гідрологічного прогнозування, у тому числі прогнозування небезпечних та надзвичайних явищ, зокрема змін водності, паводків, льодових процесів і сезонних коливань гідрологічного режиму.[9]

Комплексне управління водними ресурсами базується на їх оцінюванні та моніторингу, що потребує вдосконаленої статистичної системи, здатної максимально узгоджувати економічні, соціальні та екологічні дані. Таким чином, ефективне управління водними ресурсами стає можливим лише за умови цілеспрямованого застосування знань і даних із різних сфер.

Сьогодні постає необхідність знайти відповіді на низку конкретних питань, пов'язаних із впровадженням ідентичних комплексів спостереження і використання водних ресурсів на національному та регіональному, рівнях. Разом із цим зберігає актуальність питання формування оптимальної методики визначення показників і моделей оцінювання ефективності використання водних ресурсів у контексті аналізу соціально-економічного розвитку регіонів, областей та адміністративно-територіальних одиниць.

Розроблення сучасних підходів до моніторингу водокористування на основі супутникових даних і міжнародних стандартів дасть змогу інтегрувати статистичні показники водних ресурсів у систему комплексної оцінки соціально-економічного розвитку регіонів. Такий підхід дозволить акцентувати увагу на залученні природних ресурсів.

Створена система моніторингу, за умови дотримання міжнародних норм, стане корисною не лише для аналізу раціональності використання водних ресурсів, а й для визначення ефективності використання інших видів місцевих природних ресурсів.[11]

## **1.2. Інвентаризація об'єктів водного фонду та прилеглих територій .**

Вода є одним із визначальних природних компонентів, що забезпечують існування життя. Під час дослідження причин забруднення водних ресурсів доцільно виділити такі основні чинники:

1. Стічні води з ремонтних майстерень, складів паливно-мастильних матеріалів — у разі надходження до водойм вони погіршують органолептичні показники води та роблять її непридатною для використання; плівка з нафтопродуктів і мастил на поверхні води порушує газообмін, зменшує вміст розчиненого кисню та негативно впливає на фізіологічні процеси водної рослинності, що може призводити до її відмирання.
2. Мінеральні добрива та пестициди — їх застосування повинно здійснюватися відповідно до чинних нормативів із обов'язковим дотриманням водоохоронних і санітарно-захисних зон навколо водних об'єктів.
3. Тваринницькі ферми та комплекси — порушення правил зберігання та розміщення гноєсховищ створює ризики забруднення поверхневих і підземних вод.

Розпізнавання супутникових даних, спрямоване на ідентифікацію водних об'єктів, дозволяє точно окреслювати межі «вода — суша». Це можливо завдяки специфічним оптичним властивостям водної поверхні: у видимому спектрі вода поглинає значну частину світлової енергії, через що на денних знімках вона виглядає темнішою порівняно з сушею. У ближньому інфрачервоному діапазоні водна поверхня характеризується ще меншою відбивною здатністю, тому значення індексу вегетації NDVI для води є від'ємними.

Проте процес розпізнавання є складним. В озерах і річках, що містять значну кількість органічних і мінеральних часток, відбивна здатність води може змінюватися як між різними водоймами, так і в межах конкретного об'єкту. Це призводить до розмиття берегової лінії та ускладнює точне визначення водних об'єктів.

Раніше визначення берегових ліній водойм здійснювалося одноразово, як правило, під час низького рівня води при оновленні картографічних матеріалів. Сучасна космічна зйомка дозволяє не лише фіксувати межі водойм у конкретний

момент часу, а й систематично відстежувати положення берегових ліній водосховищ та інших водних об'єктів, реєструючи всі зміни конфігурації водного дзеркала з певною періодичністю.

Для завдань моніторингу водних об'єктів вигідним з точки зору співвідношення «вартість — якість» є використання даних японського супутника ALOS (Табл. 1.1). На його борту встановлена картографічна камера PRISM, яка має три об'єктиви, спрямовані вперед, вниз і назад. Така конфігурація дозволяє одночасно формувати три окремі зображення з високою просторовою роздільною здатністю 2,5 м та шириною смуги до 35 км. Особливість системи полягає у тому, що ортотрансформування знімків виконується за орбітальними даними без потреби використання наземних опорних точок, що значно підвищує точність картографування.

Ортотрансформовані знімки земної поверхні можна отримувати, використовуючи лише RPC-коефіцієнти, що описують зовнішнє орієнтування камери та надаються разом із супутниковими даними. Такий підхід забезпечує точність відтворення місцевості з середньоквадратичною похибкою до 10 м, що дозволяє ефективно створювати та оновлювати топографічні карти масштабу до 1:25 000.

Супутник ALOS оснащений кількома датчиками, які доповнюють один одного: стереокамерою PRISM із високою роздільною здатністю 2,5 м, багатоспектральною камерою AVNIR-2 (10 м) та радаром PALSAR L-діапазону, що надає радіолокаційні зображення з розрізненням від 10 до 100 м. Завдяки такому набору сенсорів супутникові дані можна використовувати для різних завдань — від картографування та оцінки природних ресурсів до проведення наукових досліджень у сферах геодезії, екології та планування землекористування.

Таблиця 1.1 — технічні характеристики супутника ALOS

|                                     |                                                                                |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Назва супутника                     | ALOS (Advanced Land Observing Satellite) / Daichi                              |
| Власник супутника                   | Японське аерокосмічне агенство JAXA                                            |
| Дата запуску                        | 24 січня 2006 р.<br>з космодрому Танегашіма, Японія (Tanegashima Space Center) |
| Загальна вага супутника             | Близько 4 т                                                                    |
| Тип орбіти                          | Sun-Synchronous Sub-Recurrent                                                  |
| Висота орбіти                       | 691.65 km (у екватора)                                                         |
| Нахил орбіти                        | 98.16°                                                                         |
| Тривалість витка                    | 98.7 хв.                                                                       |
| Періодичність зйомки                | 46 днів                                                                        |
| Розрахунковий термін експлуатації   | 3-5 років                                                                      |
| Періодичність повтору траси польоту | 46 днів                                                                        |

Супутник ALOS-4, вагою близько 3 тонн, є новітньою версією ALOS-2, який із 2014 року здійснює дистанційне дослідження Землі. Новий апарат поєднує в собі широкий спектр спостережень із високою роздільною здатністю, що дозволяє отримувати якісні дані незалежно від кліматичних умов та часу доби. Завдяки цьому ALOS-4 дуже ефективний для моніторингу зон, постраждалих від природних катастроф, та водних об'єктів зокрема.[12]

Одним із головних напрямів використання супутникових даних є екологічний моніторинг водних об'єктів. Для цього знімки спочатку піддають попередній обробці, яка включає радіометричну калібрування та корекцію впливу атмосфери. Далі здійснюється автоматизоване дешифрування: спектральна класифікація, розрахунок спеціалізованих індексів та автоматична векторизація об'єктів. Результатом цього процесу стають тематичні картографічні серії, що інтегруються у бази геоінформаційних систем та використовуються для подальшого аналізу та прийняття управлінських рішень щодо стану водних ресурсів.

Оцінка екологічного стану водних об'єктів ґрунтується на аналізі ряду

ознак, які можуть проявлятися в різному ступені на космічних знімках. Особливо ефективним для такого аналізу є використання мультиспектральних знімків, які дозволяють як виявляти, так і кількісно оцінювати концентрацію механічних суспензій та біогенних елементів у воді. Однією з поширених проблем багатьох водосховищ є евтрофікація — різке збільшення продуктивності водоростей, що зазвичай обумовлюється антропогенними впливами і може призводити до порушень екосистеми водойми.

Відстеження змін спектральних характеристик на серії мультиспектральних знімків дозволяє не лише виявляти ознаки евтрофікації, а й оцінювати її стадії розвитку. Паралельно польові вимірювання забезпечують точні кількісні дані про обсяг зважених часток у воді, що особливо важливо для оцінки механічного та біологічного забруднення.

На рисунку 1.3 наведено карту по даних космічних знімків найбільших річок Закарпатської області

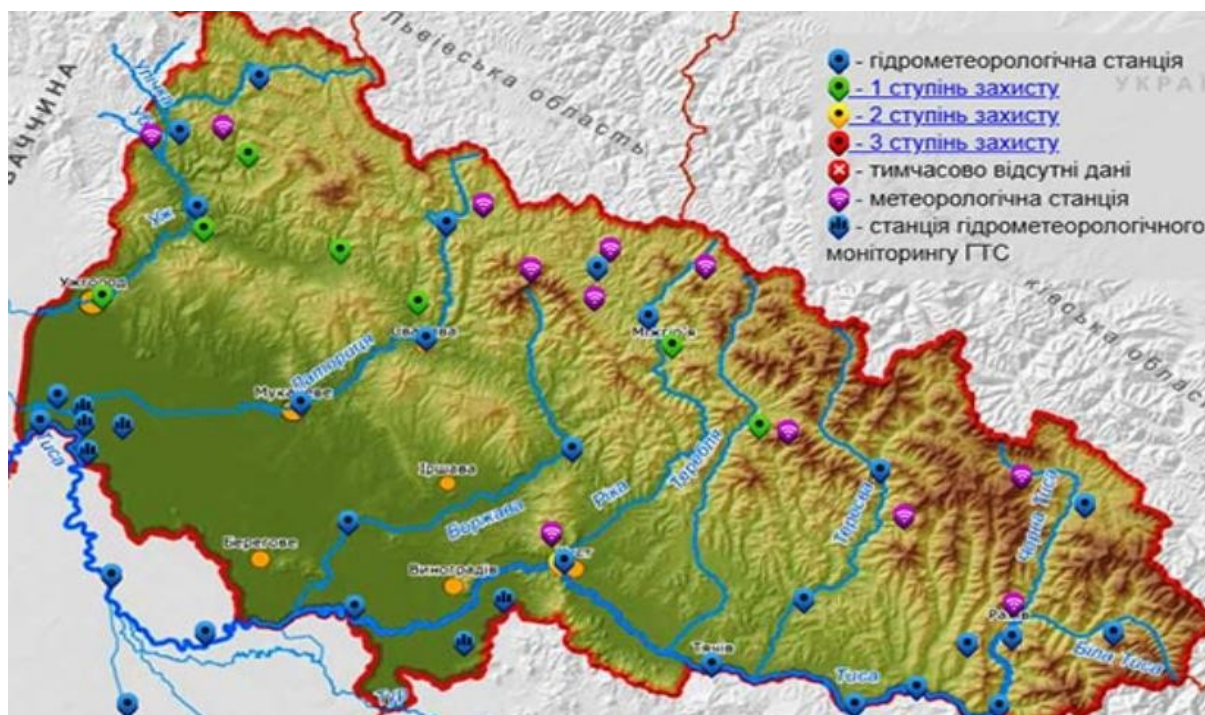


Рисунок 1.3. - Головні річки Закарпатської області.

Серед основних річок Закарпатської області виділяють:

- Тиса — найбільша ліва притока Дунаю;
- Латориця — права притока Тиси;
- Уж — ліва притока Латориці;
- Боржава — права притока Тиси;
- Чорна Тиса — ліва притока Тиси;
- Тересва — права притока Тиси;
- Біла Тиса — ліва притока Тиси.

В обліку водних лю'єктів Закарпатської області існує 152 річки, кожна з яких має протяжність більше 10 км (рис. 1.2). Всі вони належать до водозбору Тиси, яка є лівою притокою Дунаю і проходить вздовж південного кордону області, формуючи основну водну артерію регіону. Серед найбільш значущих приток Тиси на території Закарпаття слід відзначити Тересву, Терєблю, Ріку та Боржаву, а також великі річки Латорицю та Уж, які теж входять до її басейну та забезпечують суттєвий водний внесок.

Значна частина річок області бере початок у гірських масивах Українських Карпат, що надає їм характерні риси гірських водотоків: швидку течію, кам'янисті русла, значні перепади висот та нерівномірний режим водності. При виході на Закарпатську низовину ці річки змінюють свої гідрологічні та морфометричні характеристики, набуваючи ознак рівнинних річок: зменшується швидкість течії, розширюється русло, накопичуються наносні відкладення, а водний режим стає більш стабільним.

Таким чином, гідрографічна система області характеризується поєднанням гірських і рівнинних водотоків, що відображає її складний рельєф і забезпечує різноманітність водних ресурсів для потреб господарства, екології та рекреації.

Річки Закарпаття характеризуються змішаним типом живлення з переважанням дощового. Значні коливання зимових та літніх опадів обумовлюють нестійкий гідрологічний режим. Деякі дослідники відносять карпатські річки до причорноморського типу, оскільки вони зазнають паводків протягом усього року, хоча ці річки мають і власні специфічні особливості.

Рівень води в річках Закарпатської області характеризується значною мінливістю, що проявляється у частих і безладних коливаннях паводкового режиму протягом року. У середньому фіксується від 25 до 35 піків підняття води щорічно, причому більшість таких явищ припадає на весняно-літній сезон.

На рівнинних ділянках весняне водопілля починається наприкінці лютого або на початку березня, тоді як у гірських районах його початок затримується приблизно на два тижні. Висота підняття рівня води залежить від кількості накопиченого снігу та швидкості його танення. Найвищі рівні, як правило, спостерігаються в середині або наприкінці березня.

Снігове водопілля часто поєднується з дощовими паводками, що призводить до додаткового підвищення рівня води. У таких умовах рівні річок можуть залишатися підвищеними до кінця квітня — початку травня, піднімаючись на 3–4 метри вище середніх значень, що істотно впливає на гідрологічний режим та екологію прилеглих територій.

У період весни рівень води в річках області зазвичай підвищуються через інтенсивні зливові дощі. Протягом літнього періоду реєструється від 15 до 20 і більше паводкових піків, обумовлених сильними дощами, інтенсивність яких часто перевищує рівень весняного повноводдя. Найвищі літні рівні спостерігаються переважно в червні та серпні та можуть сягати 4–5 метрів. Тривалість таких паводкових явищ варіюється від 5–15 днів до одного місяця, а витрати води під час пікових потоків збільшуються від 20 м<sup>3</sup>/с у малих річках до 170 м<sup>3</sup>/с у більших водотоках.

Після закінчення літніх паводків формується короткий період літньо-осінньої межени, який нерідко порушується осінніми дощовими паводками. У зимовий період (грудень–лютий) рівень і витрати води досягають мінімальних значень. Водночас під час відлиг, коли тане сніг та випадають інтенсивні дощі, річкові рівні можуть різко зростати, що створює додаткові коливання водного режиму.

### 1.3. Моніторинг кризових явищ та їх геоінформаційний аналіз

Паводки та повені відносяться до найпоширеніших і водночас найнебезпечніших стихійних лих, які завдають значної матеріальної шкоди і створюють серйозні соціальні проблеми. Для зменшення їхнього впливу і запобігання катастрофічним наслідкам застосовують сучасні методи моделювання затоплень і оцінки ризиків руйнувань, що базуються на аналізі морфометричних характеристик русел річок та використанні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у поєднанні з гідрологічними моделями.

В умовах значних змін природного середовища, таких як вирубка лісів та глобальні кліматичні коливання, паводки і повені стають майже щорічним явищем, призводячи до суттєвих економічних втрат і руйнівних процесів. Це робить особливо актуальним розвиток ефективних систем прогнозування та управління водними ресурсами для мінімізації шкоди.

Підвищення рівня води в річках, що виходить за межі русла, є однією з головних загроз для населених пунктів, сільськогосподарських угідь, інженерних мереж та інших об'єктів, часто розташованих на заплавних територіях. Додатково, інтенсивна діяльність людини в басейнах річок Латориця, Тиса та Уж протягом останніх десятиліть посилила чинники, що сприяють частішому виникненню паводків із значними руйнівними наслідками. Повністю уникнути таких стихійних явищ неможливо, проте своєчасне попередження, локалізація та управління паводками дозволяють мінімізувати матеріальні втрати.[14]

Одним із ключових засобів управління паводковою небезпекою є гідрологічне моделювання, що базується на супутникових даних про типи русел і заплав, а також на гідрометричних спостереженнях рівнів води. Такі моделі дають змогу точно визначати затоплені території та прогнозувати поведінку водотоків, використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення.

Особливо високий ризик для долин Закарпаття та долин гірських приток Тиси створюють паводки, що формуються в гірській частині регіону. Тут висока інтенсивність дощів провокує стрімкі паводкові явища, що робить моніторинг і

прогнозування надзвичайно актуальними для збереження екологічної та економічної стабільності.

Річки басейну Тиси характеризуються високою мінливістю стоку навіть протягом коротких проміжків часу. Аналіз щорічних гідрографів дозволяє виділити окремі фази року, коли характер коливань водності, їх інтенсивність і причини відрізняються від суміжних періодів. Для цього регіону можна виділити такі основні гідрологічні періоди:

1. Весняна повінь — період стоку талих вод, що спостерігається навесні, коли танення снігу та підвищення температури призводять до максимального підняття рівня води.
2. Літньо-осіння межень — проміжок, коли переважають позитивні температури і водотоки забезпечуються переважно підземним живленням (літо—осінь), що характеризується стабільним, але низьким рівнем води.
3. Літньо-осінні паводки — період інтенсивних дощів у літньо-осінній сезон, під час якого домінує дощове живлення, що спричинює різкі коливання стоку.
4. Зимова межень — період низьких температур та льодових явищ, що зумовлює мінімальні витрати води та специфічний режим русел у зимовий час.

Ймовірність високих і низьких рівнів води у річках протягом року майже однакова при багаторічному спостереженні. Навіть у роки посухи, коли загальна водність залишається низькою, можуть виникати різкі підйоми рівня на 50–100 см і більше за одну добу. Під час паводків відзначаються максимальні річні рівні води, причому в окремі роки найвищі значення спостерігаються саме під час весняної повені.[17]

Використання сучасних аерокосмічних засобів дистанційного зондування Землі дозволяє досліджувати водні об'єкти комплексно. Завдяки їм можна визначати не лише площу акваторії та відкритої водної поверхні, але й особливості островів, наявність порогів, санітарно-біологічний стан водойм, темпера-

туру води та динаміку процесів у товщі води.

Комплексне поєднання космічних і наземних спостережень забезпечує максимальну ефективність аналізу. Наземні вимірювання екстраполюються на картографічні схеми, створені за супутниковими знімками, а аномалії, виявлені на космічних даних, стають орієнтирами для подальших польових досліджень.

Паводок є природним динамічним процесом, що проходить через три фази:

- Підйом рівня — швидке збільшення витрати та рівня води через опади або танення снігу;
- Пік — досягнення максимального рівня води та витрати, що часто супроводжується затопленням заплав і річкових долин;
- Спад рівня — зниження водності, інколи з утворенням зсувів ґрунту на прилеглих територіях.

Повінь характеризується найвищим рівнем води та максимальною витратою, зазвичай супроводжуючись затопленням заплав і долин. Такі природні явища є одними з найпоширеніших і найнебезпечніших стихійних лих у світі, що завдають значних матеріальних та соціальних збитків.

Зміни природного середовища, що відбуваються сьогодні, зокрема вирубка лісів і глобальні кліматичні коливання, спричиняють майже щорічні паводки та повені, які можна розглядати як екологічні катастрофи. Економічні втрати та руйнівні процеси, що супроводжують ці явища, є надзвичайно значними. Найбільшу небезпеку становить підняття рівня води понад межі русла, яке призводить до затоплення будівель, сільськогосподарських угідь, інженерних мереж та інших об'єктів, розташованих у заплавних зонах.[18]

## 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Характеристика природно-кліматичних умов Закарпатської області.

Адміністративно-територіальна одиниця України, відома як Закарпатська область, була створена 22 січня 1946 року. Сьогодні регіон включає шість районів та 64 територіальні громади, а його адміністративним центром є місто Ужгород, яке виконує функції управлінського та політичного центру області.

Географічне розташування області характеризується сусідством із Львівською та Івано-Франківською областями на північному сході, сході та південному сході (рис. 2.1). Північний захід, захід і південь Закарпаття межують із державним кордоном України, загальна протяжність якого становить 467,3 км. З них кордон із Угорщиною налічує 130,3 км, з Румунією — 205,6 км, зі Словаччиною — 98,7 км, а з Польщею — 33,5 км.[19]



Рисунок 2.1. - Карта закарпатської області

Для регулювання міжнародного руху та контролю за перетином кордону на території області функціонує 19 пунктів пропуску, що забезпечують транспортне сполучення, торгівлю та міждержавні зв'язки. Таке розташування підкреслює стратегічне значення Закарпаття для взаємодії України з країнами Центральної та Східної Європи.

Закарпатська область, розташована на південно-західній околиці України, вважається одним із географічних центрів Європи. Територія регіону вирізняється великою різноманітністю рельєфу та кліматичних умов, що формують унікальні природні та економічні особливості області.

Особливе значення має розташування Закарпаття за основними хребтами Карпат, яке ускладнює транспортне сполучення з іншими регіонами України. Основними перевальними шляхами, що забезпечують зв'язок, є Ужоцький (889 м), Верецький (839 м), Воловецький (1014 м), Торунський (930 м), Вишківський (941 м) та Яблуницький (931 м). Саме через ці перевали проходять ключові автомобільні та залізничні маршрути, що поєднують Закарпаття з рештою країни.

Близько двох третин території Закарпатської області займає гірська місцевість, де розташована найвища точка України — гора Говерла (2061 м). Регіон простягається на південно-західних схилах Українських Карпат (Східні Карпати) та включає Закарпатську низовину, що є частиною Середньо-Дунайської низовини. Гірська зона складається з трьох основних хребтів із похилими південно-західними схилами, розсіченими долинами гірських річок. Центральну частину області займають Полонинські гори з рівними вершинами, вкритими луками, які традиційно використовуються як пасовища.

Водні ресурси регіону формуються завдяки поєднанню кількох джерел: поверхневого стоку річок басейну Тиси, місцевого річкового стоку, транзитного стоку з територій Румунії, Угорщини та Словаччини, а також запасів підземних вод. Географічно всі річки області належать до басейну Тиси, одного з найбільших приток Дунаю, яка є основною водною артерією регіону. Загальна довжина Тиси становить 967 км, із яких 262 км проходять територією України. Високогірна частина Карпат є джерелом більшості річок області.

Територія Закарпаття характеризується густою річковою мережею із середньою густотою 1,7 км/кв. км. У регіоні протікає 9426 річок сумарною довжиною 19 723 км, з яких 155 річок довжиною понад 10 км мають загальну протяжність 3,43 тис. км. Найдовші річки — Тиса, Боржава, Латориця та Уж — перевищують 100 км кожна.

Основний поверхневий стік формують правобережні притоки Тиси: Тересва, Тересля, Ріка, Боржава, а також річки Уж і Латориця, що впадають у Лаборець і Бодрог на території Словаччини. Разом із транзитним стоком із суміжних територій, об'єм поверхневого стоку річок області становить приблизно 13 440 млн м<sup>3</sup> на рік, а транзитного — 10 780 млн м<sup>3</sup> на рік.

Озера басейну Тиси здебільшого мають льодовикове походження, хоча деякі сформувалися внаслідок гірських обвалів або мають вулканічне походження, що додає регіону різноманітності гідрологічних і ландшафтних особливостей.

Найбільше озеро — Синевир, також відоме як «Морське око», розташоване у верхів'ї р. Тереслі з приблизною висотою над рівнем моря 989 м. Його площа становить близько 7 га, середня глибина озера — 17 м.

На території Закарпатської області налічується 9 водосховищ та 59 ставків. Сумарний об'єм штучних водойм становить 60,5 млн м<sup>3</sup>, а площа їхнього водного дзеркала охоплює близько 1,56 тис. га.

Розподіл опадів значною мірою залежить від висоти території. У низинній частині області річна кількість опадів коливається в межах 600–800 мм, тоді як у гірських районах вона досягає 1000–1500 мм, а в роки з надзвичайно високою водністю може перевищувати 2500 мм.

## 2.2. Характеристика природоресурсного потенціалу міської територіальної громади.

Мукачівська міська територіальна громада (далі – Мукачівська МТГ) утворена 04 липня 2019 року з адміністративним центром у м. Мукачево у складі Мукачівського району Закарпатської області .

Мукачівська МТГ розташована у західній частині Закарпатської області, її площа сягає, 266,9 км<sup>2</sup> та становить 12,7 % площі району, 2,1 % площі Закарпатської обл. Утворена Мукачівська МТГ навколо адміністративного центру – міста Мукачево, що розміщений на відстані 42 км від обласного центру м. Ужгород. Місто Мукачево є адміністративним центром не тільки нової громади, але й адміністративним центром Мукачівського району.

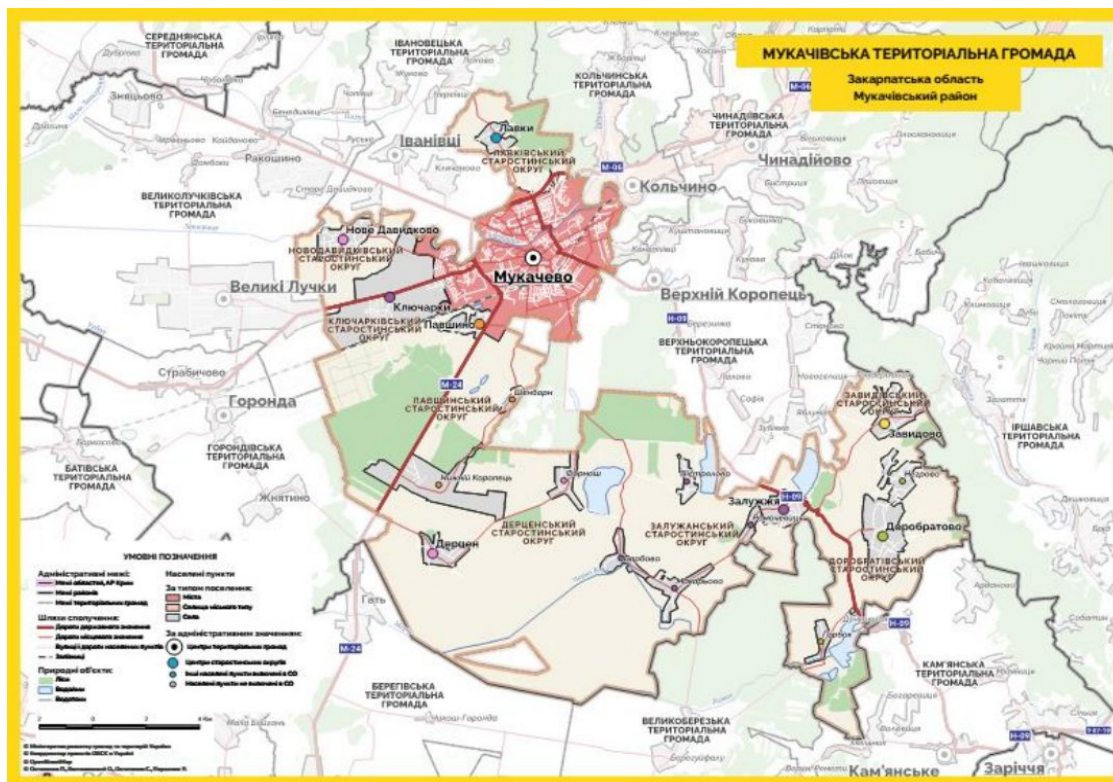


Рисунок 2.2. - Картосхема Мукачівської МТГ

Населення громади на 01.01.2022 року становило 110483 осіб (45,8 % населення Мукачівського району, 9,24% населення Закарпатської області).

Таблиця 2.1 - Характеристика Мукачівської МТГ 01.01.2022

| Регіон                      | Площа,<br>км <sup>2</sup> | Площа у %<br>до загальної<br>площі/ ра-<br>йону/ області | Наявне<br>населен-<br>ня,<br>тис.осіб | Населення у %<br>до населення/<br>району/ області | Густота<br>населення |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------|
| м. Мукачево                 | 27,3                      | 1,3/0,21                                                 | 85,57                                 | 0,03/0,007                                        | 3134,4               |
| Мукачівська МТГ*            | 266,9                     | 12,7/2,1                                                 | 110,483                               | 45,8/9,24                                         | 413,9                |
| Мукачівський район          | 2100                      | 16,5                                                     | 251,145                               | 20,2                                              | 119,6                |
| <b>Закарпатська область</b> | <b>12753,0</b>            | <b>-</b>                                                 | <b>1244,476</b>                       | <b>-</b>                                          | <b>97,6</b>          |

Через територію Мукачівської міської територіальної громади (МТГ) протікає річка Латориця, що рухається з північного сходу на захід. До неї впадають численні притоки, серед яких найзначніші: права притока Визниця (30 км, площа басейну 160 км<sup>2</sup>), ліва притока Визниці — Обава (16 км, площа 29 км<sup>2</sup>), а також Синявка та низка дрібних потічків. На території громади розташовані ставки, водосховища та мережа меліоративних каналів, що сприяє регулюванню водного режиму. Землі водного фонду займають 92,2 га, забезпечуючи необхідну площу для збереження та використання водних ресурсів.

Річка Латориця відноситься до одних із найбільших водозбірних систем Закарпатської області. Джерела ріки знаходяться приблизно за 2 км на південь від села Латірка, на висоті 800 м над рівнем моря. Далі річка прямує до території Словаччини, де впадає у річку Бодрог. Загальна довжина Латориці становить 191 км, площа водозбору в межах Закарпаття — 2900 км<sup>2</sup>, загальне падіння — 700 м, середній ухил — 4,9 ‰, а коефіцієнт звивистості — 1,71.

Притоки Латориці мають різний протяжний та гідрологічний потенціал. До правих відносяться: Жденіївка (25 км), Пінія (9,3 км), Визниця (30 км) та Стара (40 км). Ліві притоки включають: Веча (38 км), Свалявка (20 км) та Чаронда (48 км).

Басейн Латориці має асиметричну форму і неправильний овальний контур. Верхів'я розташоване на схилах Верховинського та Полонинського хребтів, середня течія проходить між хребтами Маковиця та Верхній Діл, а нижня

ділянка знаходиться на Закарпатській низовині. Довжина басейну становить 105 км, а найбільша ширина сягає 92 км.

Абсолютні висоти у верхів'ї досягають 1679 м, передгір'я до міста Мукачево характеризуються висотами 300–600 м. Нижче Мукачево ріка переходить на низовину, де абсолютні відмітки поверхні не перевищують 102 м. [15, с. 13]

Одним із провідних чинників формування кліматичних умов Мукачівської міської територіальної громади та Мукачівського району загалом є особливості атмосферної циркуляції. У регіоні домінує західний перенос повітряних мас, переважно атлантичного походження; значно рідше спостерігається надходження континентального повітря з північного та східного напрямків. Частота проникнення тропічних і арктичних повітряних мас є незначною.

У зимовий період для території характерна активна циклонічна діяльність, пов'язана з процесами над Атлантичним океаном і акваторією Середземного моря. Надходження морського повітря зумовлює підтримання порівняно високих температур і підвищеної вологості протягом холодного сезону. Різкі зниження температури взимку переважно пов'язані з вторгненням холодних арктичних повітряних мас із північних районів, зокрема внаслідок впливу Сибірського антициклону.

У таблиці 2.2 наведено дані водовикористання суб'єктами господарювання м. Мукачево, що надають відомості про використання води відповідно до Порядку ведення державного обліку водокористування. Дані подано за розділом «Водокористування» Державного водного кадастру.

Наведені дані засвідчують, що у Мукачівській міській територіальній громаді суб'єкти господарювання не здійснюють вилив брудних (стічних) вод.

Таблиця 2.2 Водокористування у м. Мукачево, млн м<sup>3</sup>

| Показник                                                                   | Закарпатська область | Мукачівський район | Мукачівська громад |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Кількість водокористувачів, які звітують (одиниць)                         | 370                  | 96                 | 32                 |
| Забрано із природних водних об'єктів, всього у т. ч.                       | 38,929               | 18,34              | 16,104             |
| із підземних водних об'єктів                                               | 17,908               | 8,059              | 7,313              |
| Використано свіжої води, всього у т. ч.                                    | 22,15                | 5,048              | 3,209              |
| на питні і санітарно-гігієнічні потреби                                    | 11,81                | 3,367              | 2,46               |
| на виробничі потреби                                                       | 9,342                | 1,451              | 0,73               |
| на потреби зрошення                                                        | 0,851                | 0,231              | 0,018              |
| на інші потреби                                                            | 0,147                | 0                  | 0                  |
| Загальне водовідведення                                                    | 39,662               | 14,278             | 13,391             |
| Скинуто в поверхневі водні об'єкти зворотних (стічних) вод, всього у т. ч. | 39,464               | 14,251             | 13,388             |
| Забруднених                                                                | 3,877                | 0,545              | 0,519              |
| нормативно чистих без очистки                                              | 9,557                | 5,87               | 5,67               |
| нормативно-очищених на спорудах                                            | 26,03                | 7,835              | 7,199              |
| Скинуто транзитної води                                                    | -                    | -                  | -                  |
| Оборотне, повторне та послідовне використання                              | 9,549                | 2,217              | 2,117              |

У 2024 році обсяги використання прісної води в Закарпатській області показали зростання на 2,1 млн м<sup>3</sup> порівняно з 2023 роком. Основним споживачем залишаються об'єкти житлово-комунального господарства, які використали 13,391 млн м<sup>3</sup> води, що складає 57,1% від загального обсягу. Значна частка водокористування припадає на сільське господарство — у 2023 році цей сектор спожив 3,209 млн м<sup>3</sup>, або 20,43% від загального обсягу. Промислові підприємства, включаючи харчову та інші галузі, спожили 0,73 млн м<sup>3</sup> води, що становить лише 5,99%.

У 2023 році у водні об'єкти регіону було скинуто 13,388 млн м<sup>3</sup> нормативно очищених зворотних вод, що на 3,84% перевищує показник попереднього року. Разом із тим, обсяг нормативно чистих вод без очищення досяг 5,67 млн м<sup>3</sup>, що на 21,13% більше, ніж у 2022 році. Обсяг забруднених вод зменшився до 0,519 млн м<sup>3</sup>, що на 4,13% менше попереднього року.

Таким чином, неочищені або недостатньо очищені стічні води становили 8,7% від загальної кількості скинутих вод у поверхневі водні об'єкти регіону.

Головними джерелами забруднення залишаються житлово-комунальні

об'єкти. Багато з них потребують модернізації та реконструкції очисних споруд, що дозволить підвищити ефективність очищення стічних вод та зменшити негативний вплив на водні екосистеми. Підприємства харчової промисловості переважно використовують механічні методи очищення, проте деякі об'єкти впроваджують біологічні системи очистки, що підвищує якість стоку.

Системи очищення на автозаправних станціях, як правило, призначені для збору та очищення забруднених дощових стоків, а деякі об'єкти додатково обладнані очисними спорудами глибокої біологічної очистки для господарсько-побутових вод. Це дозволяє мінімізувати вплив на річки, ставки та водосховища області.

Загалом спостерігається тенденція до збільшення обсягів використання води внаслідок зростання потреб житлово-комунальної сфери, водокористування в сільському господарстві та промисловості. У поєднанні з недостатньо ефективними очисними спорудами це створює певні ризики для стану поверхневих і підземних водних ресурсів, що підкреслює необхідність подальшої модернізації інфраструктури та впровадження комплексних заходів щодо охорони води.

Найбільш критичними джерелами впливу на якість поверхневих водойм залишаються об'єкти житлово-комунального господарства. Стан інженерної інфраструктури водопостачання та водовідведення характеризується значним зносом: понад 60% систем водопостачання та більш як 80% систем водовідведення потребують оновлення, що часто стає причиною аварій і погіршення якості питної води. Більшість каналізаційних очисних споруд потребує модернізації та збільшення пропускної здатності, зокрема через впровадження сучасних технологій очистки стічних вод.

Додатковим ускладнювальним фактором є наслідки воєнного стану. Зокрема, житлово-комунальна інфраструктура піддається підвищеному наванта-

женню через розміщення релокованих підприємств, внутрішньо переміщених осіб та зведення нових житлових об'єктів. При цьому зношені очисні споруди обласного сектору водопостачання та водовідведення потребують термінового відновлення, ігнорування цього призводить до ризику деградації водних ресурсів.

У ряді населених пунктів, особливо у віддалених сільських районах, відсутні ефективні системи водовідведення та очищення стічних вод. Це створює небезпеку забруднення підземних вод і відкритих водойм, які використовуються для забезпечення населення питною водою. В результаті, без проведення реконструкції та модернізації водогосподарської інфраструктури загроза погіршення якості води зберігатиметься і може зростати в умовах підвищеного навантаження.

### **3. ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ТА ГЕОДЕЗИЧНИХ ДАНИХ У СИСТЕМІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ**

#### **3.1. Визначення основних характеристик водних ресурсів за даними дистанційного зондування**

Моніторинг водних ресурсів за допомогою супутникових знімків стає ефективним інструментом для визначення стану водойм. За їхньою допомогою можна отримувати оперативні та точні дані про розміри водних об'єктів, якість води та інші екологічні характеристики, що особливо важливо для регіонів із високим значенням водних ресурсів, таких як Закарпаття.

За допомогою супутникових знімків можна визначати площу річок, озер і водосховищ, що є ключовим для оцінки запасів води, прогнозування рівня води та планування водокористування. Методи класифікації зображень дозволяють виділяти водні поверхні серед інших типів землекористування і відстежувати зміни площі водойм у часі. Це особливо корисно для аналізу сезонних коливань водного режиму та для виявлення наслідків стихійних явищ.

Якість води оцінюється через аналіз спектральних характеристик супутникових даних. Такий підхід дозволяє визначати мутність води, концентрацію хлорофілу та виявляти поверхневі забруднення, включаючи нафтові плями чи токсичні скиди. Високоточний спектральний аналіз допомагає контролювати зміни хімічного складу води, що необхідно для екологічного моніторингу та розробки заходів щодо поліпшення її якості.

Крім того, супутникові знімки застосовуються для спостереження за температурою води. Використання спеціальних спектральних каналів дає змогу виявляти температурні коливання, що можуть бути наслідком природних процесів або антропогенних впливів, таких як скиди теплих вод від промислових підприємств. Відстеження температурних змін дозволяє своєчасно реагувати на фактори, які впливають на екосистему водойм.[22]

Оцінка динаміки водних об'єктів, зокрема коливань рівня води, ефективно здійснюється за допомогою супутникових спостережень. Завдяки таким даним можна прогнозувати виникнення паводків, посух та інших екологічних ризиків, а також аналізувати зміни русел річок, що сприяє раціональному управлінню водними ресурсами і визначенню впливу антропогенної діяльності.

Виявлення забруднень водойм також значно полегшується при використанні супутникових знімків. Спектральні канали дозволяють розпізнавати нафтові плями та інші забруднення, що виникають через промислові стоки, сільськогосподарські впливи чи побутові відходи. Аналіз спектральних характеристик води дає змогу відстежувати зміни її складу та оперативно реагувати на екологічні загрози.

У гірських районах, таких як Закарпаття, супутникові дані допомагають визначати наявність льоду на водоймах, що є важливим для прогнозування паводків, оскільки танення льодових покривів значно впливає на рівень річок.

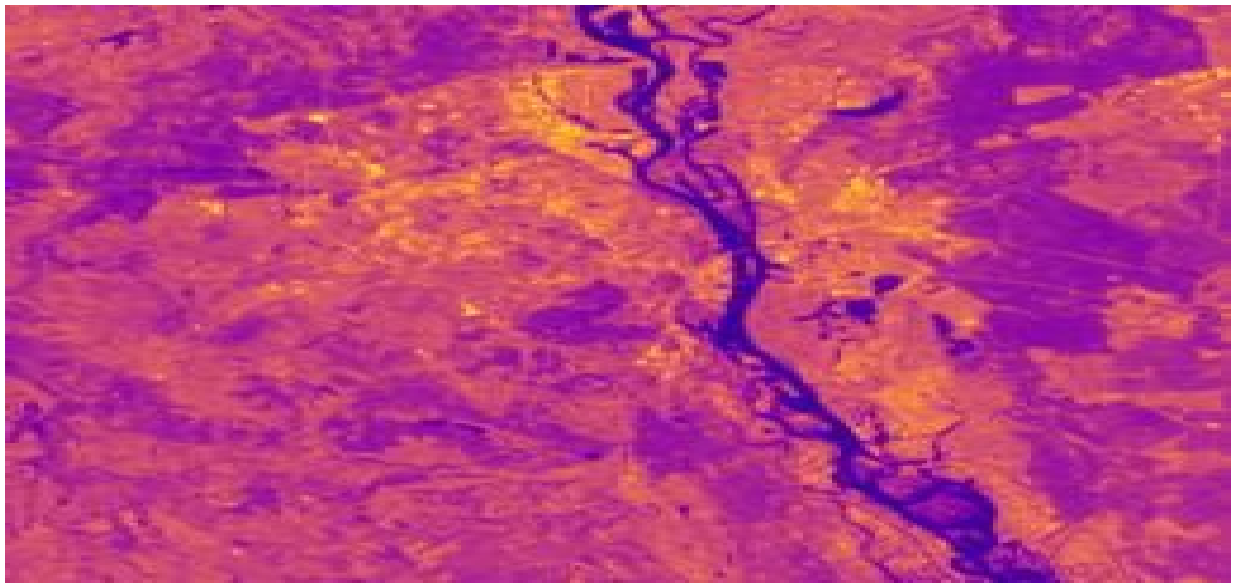


Рисунок 3.1. - Спектральний знімок р. Латориця супутника Landsat

Таким чином, супутникові знімки виступають потужним інструментом для контролю та аналізу стану водних об'єктів. Вони забезпечують оперативну та точну інформацію, необхідну для ефективного управління водними ресурсами.

ми та підтримки екологічної рівноваги в регіонах із високою водоносністю, таких як Закарпаття.

Для моніторингу водних ресурсів Закарпатської області можуть використовуватися космічні знімки з різних супутників, таких як Landsat, Sentinel та MODIS. Ці дані є основою для наповнення бази ГІС «ТИСА» та надають важливу інформацію про стан водних об'єктів, їхні характеристики та динаміку змін.[23]

Супутникові дані MODIS широко застосовуються для системного моніторингу водних ресурсів на великих територіях. Вони забезпечують комплексну оцінку стану водних об'єктів, дозволяючи визначати рівень води в річках та озерах, відстежувати забруднення та оцінювати зміни в екологічних системах. Наприклад, аналіз серій знімків MODIS дозволяє оцінювати коливання рівня води у річках басейну Тиси та динаміку водного балансу на території Закарпатської області.

Обробка супутникових даних дає змогу кількісно оцінювати зміну площі водних об'єктів, що є ключовим для планування водокористування та управління регіональними водними ресурсами. Зокрема, такі спостереження дозволяють встановлювати вплив кліматичних факторів, включно зі зміною кількості опадів та підвищенням температури, на водний баланс.

Отже, використання супутникових знімків MODIS є ефективним інструментом для комплексного моніторингу водних ресурсів Закарпатської області. Вони забезпечують оперативну та кількісну інформацію, необхідну для оцінки стану водойм, контролю якості води, виявлення забруднень та прогнозування сезонних коливань рівня води, що має важливе значення для раціонального управління водними ресурсами та підтримки екологічної стабільності регіону.

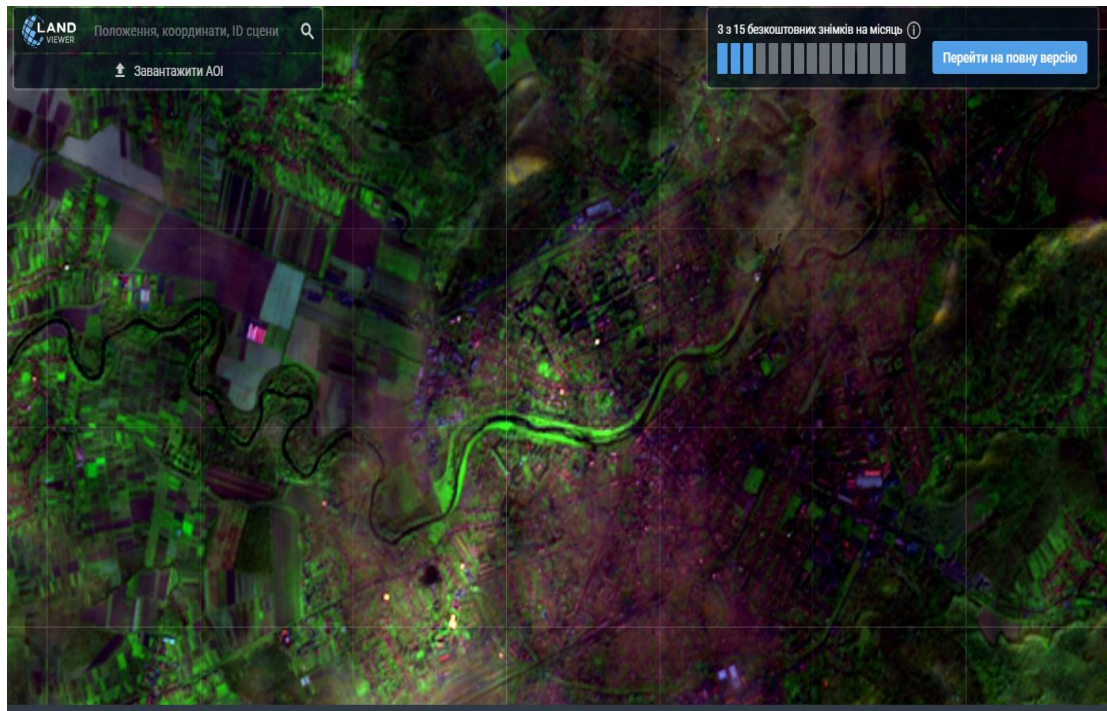


Рисунок 3.2. - Аерокосмічний знімок р. Латориця на території м. Мукачево

Аналіз супутникового знімка річки Латориця в Закарпатській області дозволяє комплексно оцінювати стан водних ресурсів регіону. До основних характеристик знімка належать:

- Динаміка змін: Порівняння серій знімків, отриманих у різні часові періоди, дає змогу відстежувати зміни рівня води, процеси ерозії, наслідки паводків та інших гідрологічних явищ.
- Просторова роздільність: Висока деталізація зображення забезпечує можливість точного визначення берегових ліній, локалізації змін рівня води та ідентифікації природних і антропогенних об'єктів, включаючи дамби, мости та сільськогосподарські ділянки.
- Системна інтеграція даних: Супутникові спостереження можна комбінувати з метеорологічними вимірюваннями, гідрологічними даними та моделями прогнозування для більш комплексного аналізу водного режиму та управління водними ресурсами басейну.
- Картування типів поверхні: Супутникові дані дають змогу проводити диференціацію покривів землі на території басейну, включно з водними

просторами, лісовими масивами, сільськогосподарськими угіддями та урбанізованими зонами.

- Гідрологічна структурність басейну: Знімок дозволяє виявляти всі основні та вторинні водні об'єкти річкового басейну Тиси, зокрема головне русло Латориці, її притоки, озера та водосховища.
- Моніторинг якості води: Спектральний аналіз дозволяє оцінювати оптичні характеристики води, визначати рівень мутності, а також фіксувати потенційні забруднення, наприклад, зміни кольору чи наявність піни, що можуть свідчити про антропогенне або природне забруднення.

Завдяки такому підходу можливе ефективне управління водними об'єктами, оцінка екологічного стану річки та прогнозування наслідків природних і антропогенних факторів на стан басейну.[24]

### **3.2. Геодезичне забезпечення для оцінки змін в процесі моніторингу водних ресурсів**

Топографо-геодезичні роботи виконуються для створення геодезичних матеріалів та планово-картографічної основи, які є необхідними для організації моніторингу водних ресурсів. Ці роботи проводяться безпосередньо на місцевості, тобто здійснюється знімання території. Існує багато масштабів для відображення інформації схематично або точно на карті, проте найточнішим для складання планів або інших матеріалів, пов'язаних з моніторингом водних ресурсів, є масштаб 1:500. Використання цього масштабу полегшує погодження планів у майбутньому. Крім того, масштаб 1:500 дозволяє точно передати топографічні деталі, що забезпечує коректну візуалізацію інформації про місцевість та сприяє плануванню інфраструктури, включно з водними об'єктами, промисловими об'єктами та системами моніторингу рівня води.

Інженери-геодезисти, які безпосередньо виконують роботи, зобов'язані володіти сучасними геодезичними приладами та мати сертифікати їхньої

перевірки. Це забезпечує виготовлення точних і достовірних результатів як у паперовому, так і в електронному форматі. До таких приладів належать: GNSS-приймачі, сучасні електронні теодоліти та тахеометри, а також інші засоби вимірювання, необхідні для забезпечення високої точності знімання. Крім того, для обробки та аналізу отриманих даних обов'язковим є використання ліцензованого програмного забезпечення.

Топографічне знімання території в масштабі 1:500 дозволяє надалі опрацьовувати отримані дані та відстежувати зміни рівня водних ресурсів.

Польові геодезичні роботи проводив сертифікований інженер-геодезист із застосуванням GNSS-приймача Leica GPS GS 8 plus №1858973. Для підвищення точності визначення координат використовувалася сертифікована мережа «ZAKPOS», оснащена безперервно діючими GNSS-станціями. Дані цієї мережі забезпечили формування координатної бази для території дослідження (рисунок 3.3). Приймачі на базових станціях пройшли необхідну сертифікацію та укомплектовані метрологічними атестатами, що гарантує їхню придатність для високоточних геодезичних вимірювань. На рисунку 3.3 представлено розташування базових станцій мережі в Україні та виділено координатний проміжок, який охоплює територію міста Мукачево ( $48^{\circ}26'29''$  пн. ш.,  $22^{\circ}42'49''$  сх. д.).

Для визначення місць розташування геодезичних точок була використана система координат СК-63, інтегрована зі станціями УПМ ГНСС. У рамках виконання робіт укладено договір із мережею «ZAKPOS» (№126 від 09.10.2022 р.), за яким були надані GNSS-дані базових станцій. Координати та висоти точок Державної геодезичної мережі отримано з Банку даних проекції Гауса–Крюгера.

Система координат СК-63, а висотна система Балтійська-77. Поєднання сучасного обладнання, сертифікованих GNSS-приймачів та узгодженої системи координат забезпечило високоточне визначення положення геодезичних точок і достовірність отриманих даних.

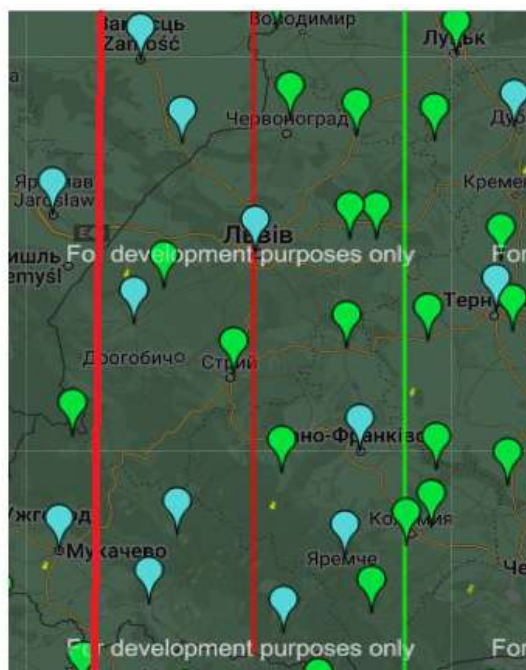


Рисунок 3.3. – Схема розміщення на заході України GNSS станцій

Таблиця 3.1 – Фрагмент бази даних про координати та висоти пунктів  
Державної геодезичної мережі

| № з/п | Індекс з ДГМ | Пункт | Клас | Координати, м |             | Висота, м | Клас нівелювання |
|-------|--------------|-------|------|---------------|-------------|-----------|------------------|
|       |              |       |      | X             | Y           |           |                  |
| 1     | 15599M***    | mkrs  | 2    | ***8872,170   | ***1340,779 | 170,406   | IY               |
| 2     | M352520***   | smbr  | 2    | ***5460,901   | ***5472,037 | 283,200   | IY               |
| 3     | M343044***   | stry  | 3    | ***5745,762   | ***6142,495 | 351,052   | IY               |
| 4     | M342422***   | voch  | 1    | ***5529,426   | ***3501,594 | 339,425   | IY               |
| 5     | M351910***   | roga  | 2    | ***5863,130   | ***4626,484 | 402,390   | GPS нівел.       |
| 6     | M342421***   | aese  | 2    | ***0662,750   | ***3884,572 | 371,700   | Геод. нівел      |

Для забезпечення доступу до диференційних поправок використовувався мобільний інтернет, наданий ПрАТ «Київстар». У стандартному форматі RTCM v3.x передавалася інформація про координатні поправки у режимі реального часу.

Поправки формуються за допомогою кількох станцій, де одна виступає головною («Master»), а решта — допоміжними («Auxiliary»), забезпечуючи підтримку та контроль диференційного поля. Вибір головної та допоміжних станцій здійснюється автоматично, залежно від географічного розташування приймача.

У процесі роботи контроль диференційного поля проводився із залученням станцій Сидорівка, Мукачеве та Стрий, координати яких отримані з Банку геодезичних даних. Різниця між координатними показниками контрольних пунктів не перевищувала 0,3 м, що відповідає вимогам Порядку використання Державної геодезичної системи координат (пункт 8).

Таким чином, використання RTCM-поправок у поєднанні з мережевими GNSS-станціями забезпечило високу точність та надійність визначення координат під час проведення геодезичних робіт.

На основі проведених робіт в 2025 році було створено топографічний план м. Мукачево, та р. Латориця у масштабі 1:500. Додаток А. План точно передає геометричні параметри русла річки Латориця, рівень води в середньому склав 116,20 м, над рівнем моря, ширина річки на окремих ділянках сягала 87 м., загальна площа чітко визначеної ділянки, 7,3640 га. Порівнявши контур річки з топографічного знімання 2024р, рівень води у р. Латориця, м. Мукачево, у 2025р., опустився на 9%. Що вказує на збільшення водовикористання у місті.

### **3.3. Моніторингове дослідження площ водних поверхонь на території м.Мукачево**

Для дослідження площ водних поверхонь скористаємось даними оптико-електронних супутникових знімальних систем Sentinel 2 рівня обробки L-2A (дані подаються як мультиспектральні космічні знімки, які піддавались радіометричній корекції та геометричному трансформуванню і геоприв'язці за методиками Європейського космічного агенства). Сервіси <https://eos.com/landviewer> та <https://browser.dataspace.copernicus.eu> надають доступ до перегляду та скачуванню даних як до їх опрацювання – у вигляді багатоканального растру так і до деяких аналітичних продуктів, які є результатом перетворення відсліків яскравостей мультиспектральних знімків. Дані доступні у форматі geoTIFF. Знімки Sentinel-2 мають роздільну здатність у видимому спектрі 10 м з високим часовим дозволом (до 5 діб), що дозволяє їх використовувати в моніторингових дослідженнях. Наявність каналів у видимій та ближній інфрачервоній (NIR) областях спектру дозволяє використовувати індекси для виділення поверхні води та оцінки її стану. Дані доступні через портал Copernicus Open Access Hub або Google Earth Engine (GEE) і можуть використовуватись у програмних середовищах геоінформаційних систем таких як QGIS, ArcGIS, для опрацювання програмами написаних мовою Python з бібліотеками Rasterio, GDAL та інших.[26]

Застосування даних Sentinel-2 в моніторингових задачах відбувається за такими напрямками:

- Рівень води та затоплення: Відстеження тимчасових та постійних водойм, картування затоплених територій.
- Якість води: Оцінка вмісту хлорофілу, завислих частинок, кольоровості води.
- Прибережні зони: Моніторинг ерозії, змін берегової лінії.
- Посуха і вологість.

Створені за мультиспектральними знімками індексні карти дозволяють опосередковано оцінювати вміст води у ґрунті та рослинності. Ефективними є Індекси водної рослинності (NDWI, MNDWI):

**Normalized Difference Water Index (NDWI):** Розроблений для виділення води, він використовує зелений і ближній інфрачервоний канали.

$$NDWI = (Green - NIR)/(Green + NIR) \quad (3.1)$$

**Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI):** Більш ефективний для поділу води та суші, використовуючи зелений та SWIR (короткохвильовий інфрачервоний) канали, що краще для міських територій та дрібних водойм.

$$MNDWI = (Green - SWIR)/(Green + SWIR) \quad (3.2)$$

Зразок карти водних індексів *NDWI* на територію м.Мукачево показано на рис.3.1. Сайт <https://eos.com/landviewer> як порогове значення для виділення водних поверхонь використовує:

$$NDWI > 0,2 \quad (3.3)$$

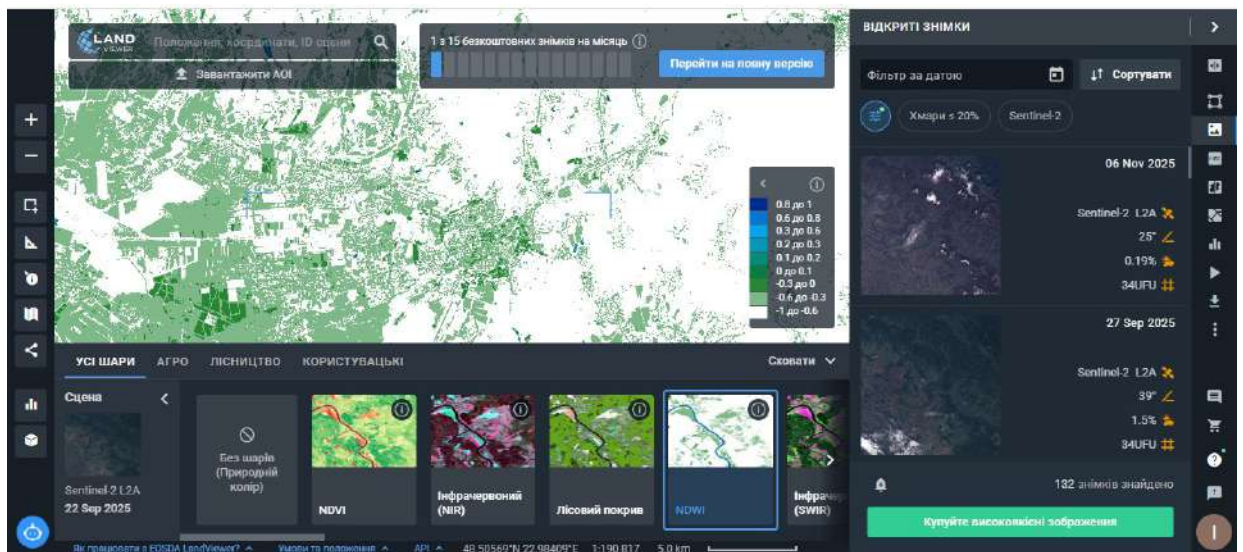
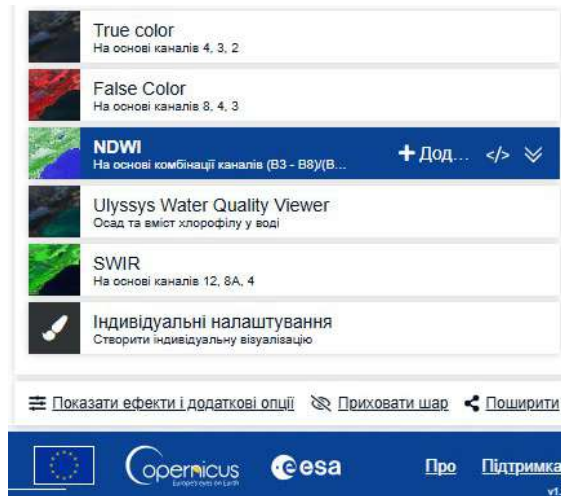


Рисунок 3.4. – Карта водного індексу *NDWI* на територію м.Мукачево (27 вересня 2025року): <https://eos.com/landviewer/>)

Ми скористались сервісом <https://browser.dataspace.copernicus.eu> для отримання серії карт, яка є більш інформативною для вивчення поверхневих вод. Відбір зображень щ територію міста за 2025 рік нами виконувався за цензом рівня хмарності (до 10%), світлий час доби при висоті сонця над горизонтом

більше 20°. Всього віднайдено 18 таких знімків. Сервіс надає на кожен дату такі карти:



Найбільш характерні для водного режиму є знімки на такі дати (рис. 3.3): 2025-03-06, 2025-06-21, 2025-09-22. Стан водних об'єктів можна оцінити як візуально на серії різночасових карт так і порівнюючи гістограми розподілу значень індексу на досліджуваній території (рис.3.7)

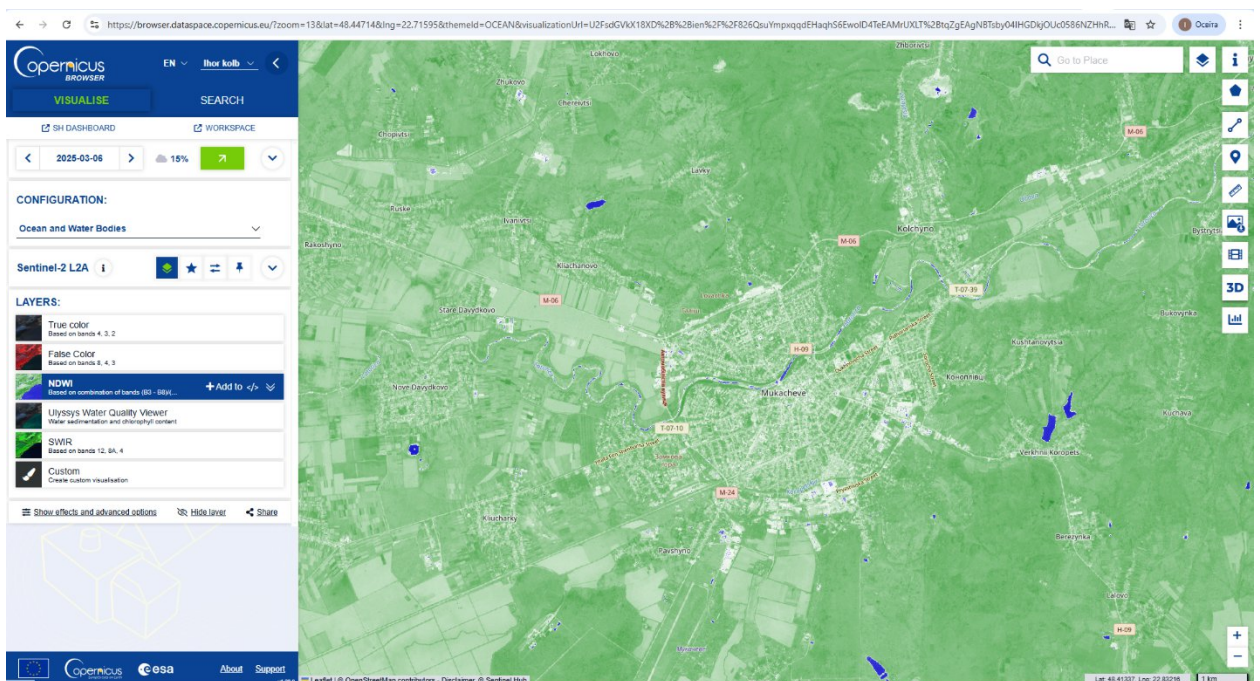


Рисунок 3.5. – Карта водного індексу NDWI на територію м.Мукачево (зйомка 2025-03-06, сервіс <https://browser.dataspace.copernicus.eu>)

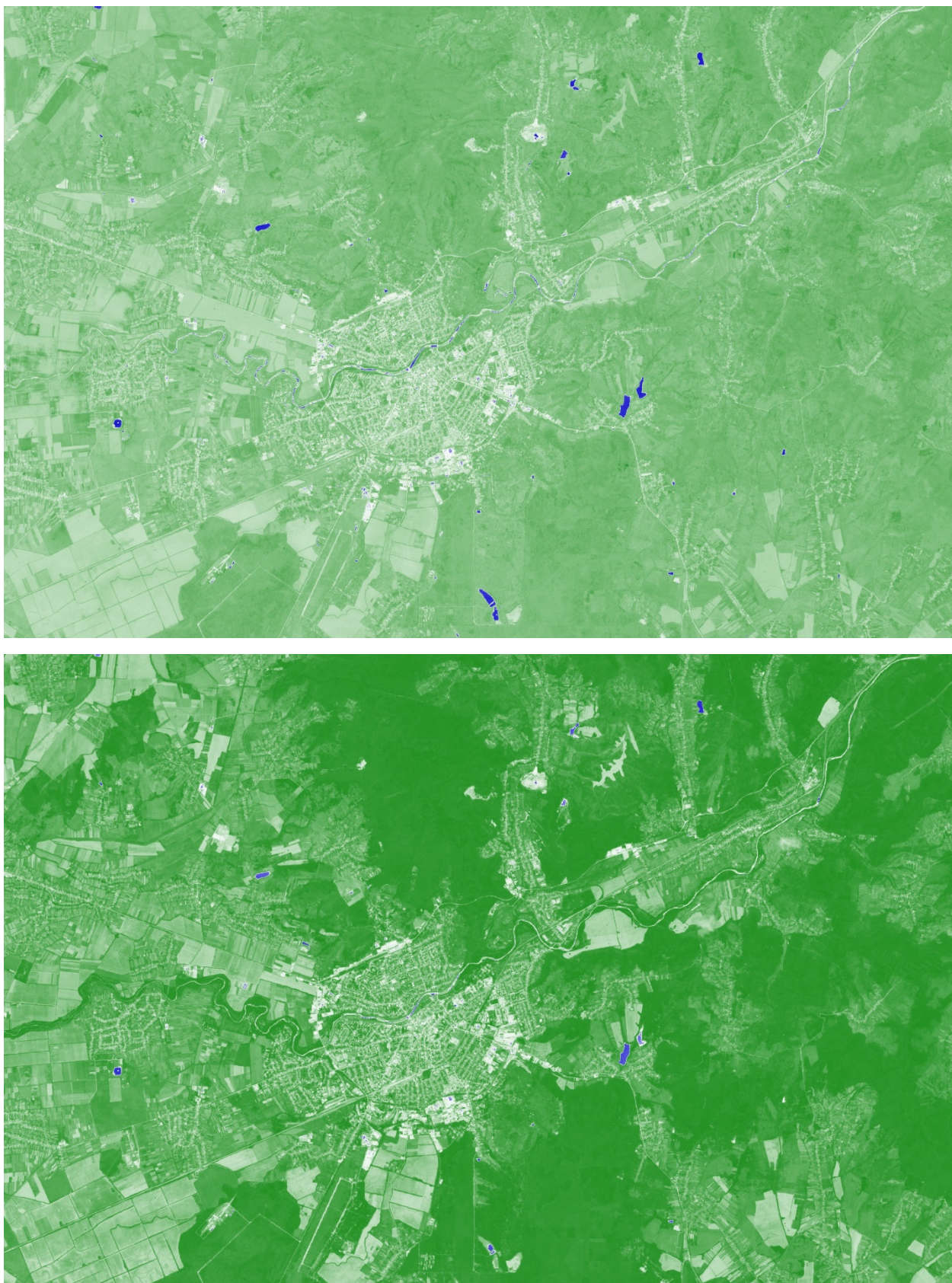
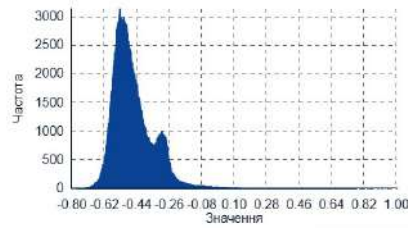
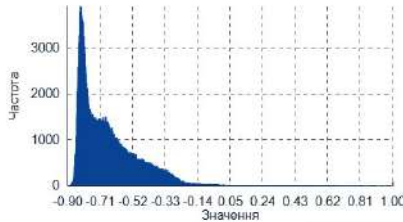


Рисунок 3.6. – Порівняння карт водного індексу NDWI на територію м.Мукачеве (зйомка 2025-03-06 та 2025-06-21)

2025-03-06



2025-06-21



2025-09-22

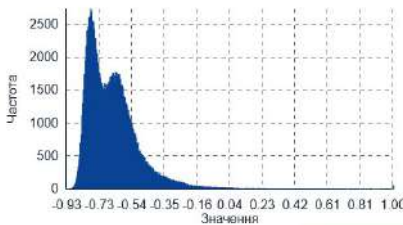


Рисунок 3.7. – Гістограми розподілу значень водного індексу NDWI на різні дати моніторингу

### 3.4. Використання супутникових даних для управління водними ресурсами

Систематичне застосування космічних знімків у місті Мукачево є ефективним інструментом для комплексного управління водними ресурсами та екологічного моніторингу. Дані дистанційного зондування дозволяють державним органам, місцевій адміністрації та екологічним установам здійснювати аналітичну оцінку стану водних об'єктів, прогнозувати вплив змін клімату та антропогенних факторів, а також розробляти стратегії запобігання надзвичайним ситуаціям, зокрема повеням та паводкам.

Аналіз супутникових знімків дає змогу визначати площу водних об'єктів, їх рівень та динаміку зміни водного дзеркала, оцінювати стан екосистем і ідентифікувати ознаки забруднення. Крім того, супутникові дані застосовуються для

оцінки ефективності використання води, планування водозабору і водовідведення, що сприяє підтриманню екологічної рівноваги та сталого розвитку водного господарства.

Інтеграція космічних знімків із гідрологічними, метеорологічними та наземними даними дозволяє здійснювати оперативний моніторинг, прогнозувати можливі зміни водного режиму та вчасно реагувати на негативні впливи кліматичних і антропогенних чинників. Таким чином, впровадження супутникових технологій у практику управління водними ресурсами Закарпатської області забезпечує підвищення ефективності контролю за станом водойм, сприяє захисту екосистем і підтримці сталого розвитку регіональної системи водокористування.[27]

### **3.5. Застосування методів дистанційного зондування у системі оцінки якості поверхневих водних ресурсів та екосистем**

Для ефективного контролю якості поверхневих вод використовується комплексна система спостережних пунктів, що включає стаціонарні, спеціалізовані та тимчасові експедиційні мережі. Стаціонарні пункти забезпечують регулярне відстеження природного складу та рівня забруднення води, тоді як спеціалізовані мережі зосереджені на найбільш забруднених ділянках для вирішення наукових та прикладних завдань. Тимчасові експедиційні пункти дозволяють охоплювати території, які не входять до основних мереж спостереження.

Одним із ключових аспектів організації моніторингу є узгодженість і синхронність спостережень, що забезпечує порівнянність даних та їх достовірність. Вибір місця розташування пунктів визначає точність оцінки стану водних об'єктів та репрезентативність отриманих даних.

Для гідрохімічного контролю застосовують дві основні схеми розміщення пунктів: об'єктну та територіальну. Об'єктна схема призначена для великих і середніх водойм, таких як річки з важливим господарським значенням, канали, замикаючі створи річок перед впадінням у моря, великі озера та водосховища. Територіальна схема використовується для малих річок і водотоків, зокрема для

оцінки фонового стану води та проведення регіонального аналізу. Пункти розташовують у створах, що максимально відображають природні умови конкретного району.

Ключовою вимогою до розташування пунктів є їхня здатність репрезентувати масштаби та характер забруднень, спричинених стічними водами різних галузей промисловості та господарської діяльності.

Спостережні пункти класифікуються за категоріями залежно від значущості водного об'єкта та інтенсивності антропогенного впливу:

- Категорія I — пункти на водоймах з високим господарським значенням та інтенсивним антропогенним впливом;
- Категорія II — об'єкти, розташовані в межах промислових міст і селищ із помітним рівнем забруднень;
- Категорія III — водойми з помірним або слабким впливом антропогенних чинників;
- Категорія IV — незабруднені об'єкти, які використовуються для фонового моніторингу.

Таким чином, інтеграція різних типів спостережних пунктів та систематичний вибір їхнього розташування дозволяє створити ефективну мережу моніторингу, що забезпечує комплексну оцінку стану поверхневих вод та своєчасне виявлення потенційних екологічних загроз.[30]

Сучасні методи дистанційного зондування Землі відкривають нові можливості для комплексного моніторингу стану водних ресурсів та оцінки екологічного стану водних екосистем. Супутникові дані дозволяють проводити систематичний аналіз змін у річкових та озерних системах, забезпечуючи оперативне отримання інформації про динаміку водних об'єктів під впливом природних процесів або антропогенних факторів. У прикладі Мукачєво та прилеглих районів Закарпатської області така методика дає змогу оцінити водні ресурси на різних просторових масштабах.

За допомогою спектрального аналізу супутникових знімків можна визна-

чати чисельні параметри води, включаючи колір, прозорість, мутність, температуру та концентрацію домішок. Термальні канали супутників дозволяють відстежувати зміни температури води, що важливо для виявлення антропогенного впливу, зокрема теплових скидів, а також для контролю стану водних екосистем. Спектральні характеристики дозволяють ідентифікувати наявність хлорофілу, зважених часток, біогенних елементів і забруднювачів, що є ключовими показниками процесів евтрофікації, хімічного чи органічного забруднення.

Комплексне поєднання космічних даних із наземними спостереженнями підвищує точність оцінки екологічного стану водних об'єктів. Це дозволяє не лише визначати якість води, а й відстежувати зміни у водних екосистемах - наприклад, трансформації ареалів водної флори та фауни або зміни біопродуктивності водойм. У випадку Закарпаття, що характеризується густою річковою мережею, численними озерами та водосховищами, така інтеграція даних забезпечує високоточну оцінку стану водних ресурсів на всій території регіону.

Отже, супутникові методи спостереження є ключовим інструментом сучасного водного менеджменту. Вони дозволяють здійснювати регулярний контроль стану води, прогнозувати можливі екологічні ризики та вчасно реагувати на негативний вплив кліматичних та антропогенних факторів. Це сприяє ефективному управлінню водними ресурсами та підтримці екологічної рівноваги, забезпечуючи сталий розвиток водного господарства на локальному та регіональному рівнях.

Сервіс <https://browser.dataspace.copernicus.eu> надає інструмент «Переглядач якості води Ulyssys (Ulyssys\_Water\_Quality, UWQ)». Він має на меті динамічну візуалізацію стану хлорофілу та осаду у водоймах, які є основними показниками якості води. Вміст хлорофілу варіюється за кольорами від темно-синього (низький вміст хлорофілу) через зелений до червоного (високий вміст хлорофілу). Концентрація осаду забарвлена в коричневий колір; непрозоро-коричневий колір вказує на високий вміст осаду.

Переглядач якості води Ulyssys (UWQV) дозволяє динамічно візуалізувати стан хлорофілу та осаду водойм на зображеннях Sentinel-2 та Sentinel-3. Візу-

алізація є продуктом двох операцій маскування (маскування хмар, маскування водою) та двох візуалізацій параметрів якості води (візуалізація концентрації зважених осадів, візуалізація концентрації хлорофілу). За замовчуванням усі пікселі, ідентифіковані як «не вода» відображаються у справжніх кольорах. Усі пікселі, ідентифіковані як вода, забарвлюються за допомогою алгоритму, який разом оцінює концентрацію хлорофілу та зважених осадів. Цю візуалізацію можна порівняти з ГІС-картою з двома растровими шарами: осад зверху та хлорофіл знизу. «Шар» осаду є напівпрозорим і може покривати «шар» хлорофілу. Тому пікселі води з високою концентрацією осаду забарвлюються в темно-коричневий колір, незалежно від концентрації хлорофілу. Середня концентрація осаду забарвлюється в пшеничний (світло-коричневий) колір зі збільшенням прозорості в напрямку зниження концентрації осаду. При низькій концентрації осаду «шар» осаду повністю прозорий. Під напівпрозорим «шаром» осаду візуалізується концентрація хлорофілу. Високі концентрації хлорофілу позначені червоним кольором, середні – зеленим, а низькі – темно-синім (див. зображення палітри нижче).

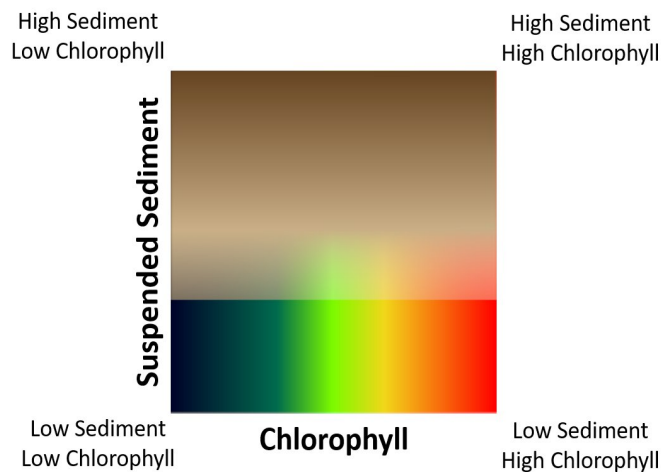


Рисунок 3.8. – Колірна шкала показників якості води карти Ulyssys Water Quality, UWQ



Рисунок 3.9. – Порівняння карт показників якості води Ulyssys\_Water\_Quality, UWQ на територію м.Мукачево (зйомка 2025-03-06 та 2025-06-21)



Рисунок 3.10. – Прояв цвітіння води у водоймі (південна околиця м.Мукачево, зйомка 2025-03-06 та 2025-06-21)

### 3.6. Автоматизована обробка та наліз даних дистанційного зондування у програмному комплексі ArcGIS

Використання програмного забезпечення ArcGIS для обробки супутникових даних ArcGIS є потужним інструментом для аналізу просторових даних, зокрема супутникових знімків, що дозволяє отримати цінну інформацію про стан водних ресурсів та екосистем.

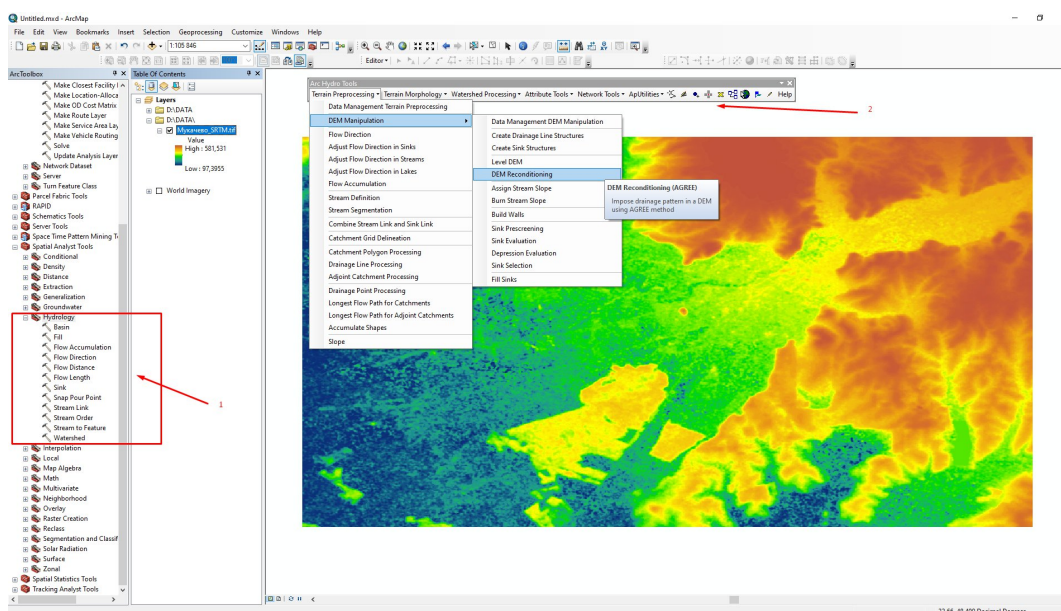


Рисунок 3.11. – Програмні засоби ArcGIS для виконання гідрологічного дослідження за супутниковими знімками та цифровими моделями рельєфу: 1- група інструментів «Гідрологія»; 2 – панель спеціалізованого програмного додатку «Arc Hydro for ArcGIS»

Рисунок 3.12 ілюструє супутникове зображення міста Мукачєво у спектральних каналах Red та NIR. Завдяки поєднанню цих каналів можна чітко розрізняти водні об'єкти, рослинний покрив та урбанізовані території, визначаючи їх межі з високою точністю. Аналіз отриманого зображення забезпечує можливість розрахунку спектральних індексів NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) та NDWI (Normalized Difference Water Index). Використання цих індексів дозволяє оцінювати стан рослинності, рівень зволоженості ґрунту, зміни водного покриву та динаміку екосистем на території міста. Подібний підхід є важливим інструментом для планування управління природними ресурсами та моніторингу стану водних об'єктів.

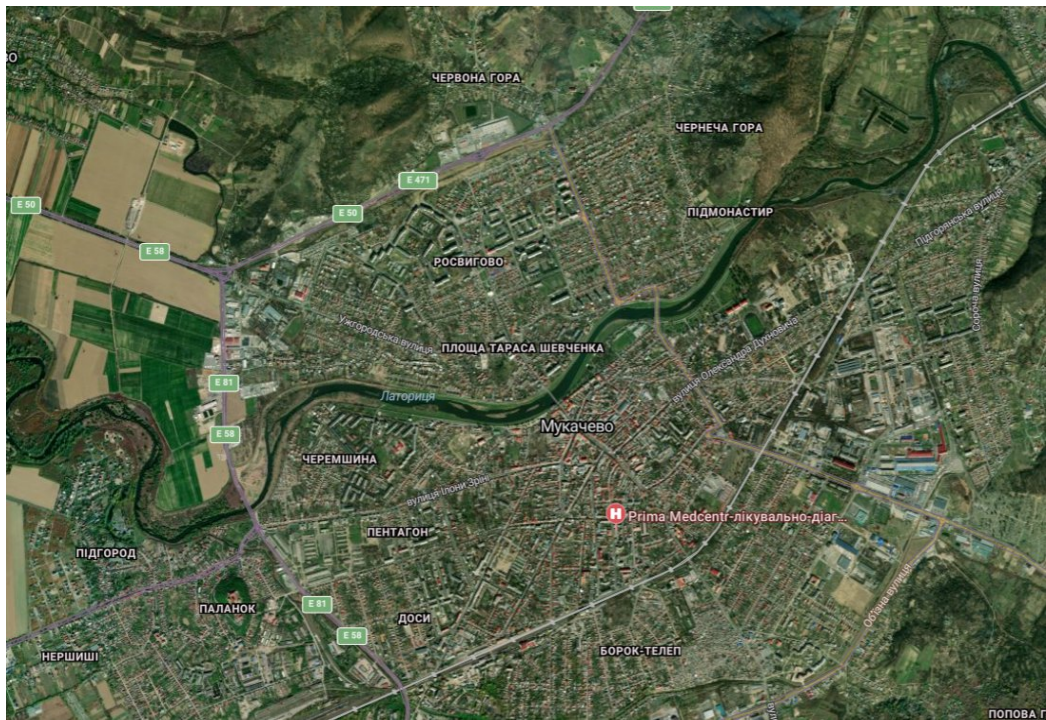


Рисунок 3.12. - Супутниковий знімок м. Мукачево, р. Латориця, відкритий у двох каналах – Red і NIR

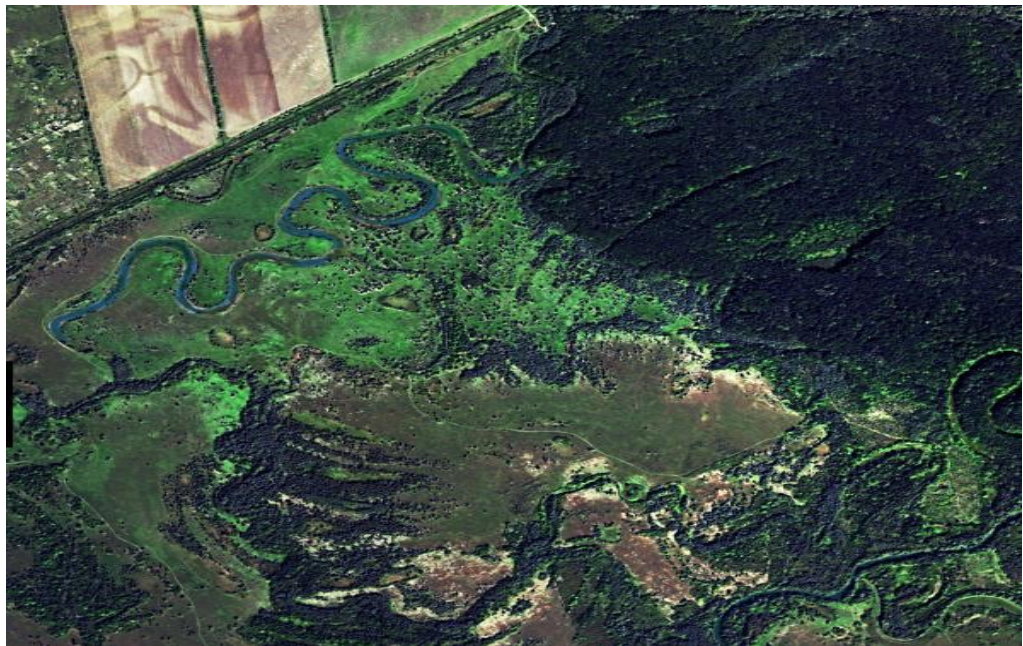


Рисунок 3.13. – Аналіз річки Латориця Мукачівського р-ну Закарпатської області в ПС ArcGis10.5

Проаналізувавши знімки з супутників, у програмі ArcGis, було встановлено що водовикористання м. Мукачево в період з 2024 по 2025 роки збільшилось на 8%.

На рисунку 3.14. показано порівняння двох знімків р. Латориця в м. Мукачево.

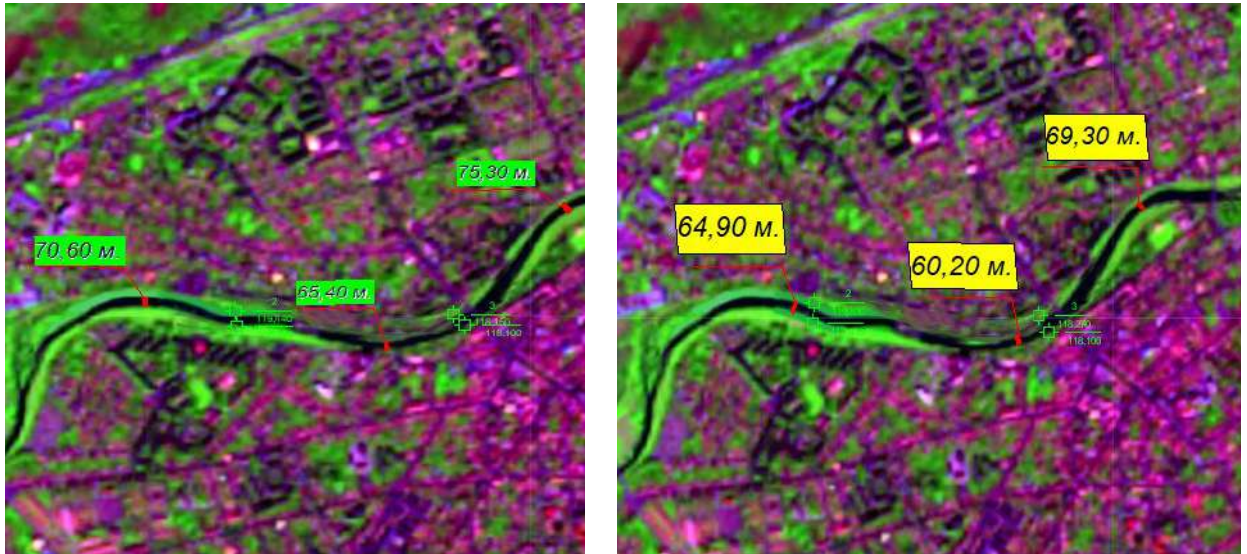


Рисунок 3.14. - Аналіз ширини р. Латориця, за допомогою супутникових знімків

У програмі ArcGis визначено загальну площу р. Латориця, на певній ділянці території за 2024 р., та за 2025р. У 2024 р. площа становила 8 га, а в той самий період у 2025 р., площа становила 7,36 га.

#### 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Нормативне забезпечення раціонального водокористування. Охорона навколишнього середовища є одним ключових державних питань які прямо впливають на життя громадян. Серед багатьох напрямів охорони навколишнього середовища є охорона водних ресурсів та запобігання негативним процесам які виникають в процесі їх експлуатації. Цій ділянці приділено значна законодавча база яка регулює систему використання та охорону водних ресурсів і не лише за стандартами України а також на даний момент окремим законам Євросоюзу що узгоджують національну політику з екологічними вимогами ЄС, інтегрують підходи до стратегічної екологічної оцінки і оцінку впливу на довкілля у плануванні водогосподарських проектів та підсилюють роль екологічних критеріїв. Серед таких ключових національних нормативних актів:

- Водний кодекс України (ред. 2022–2024 рр.);
- Закон України «Про оцінку впливу на довкілля»;
- Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку»;
- Постанова КМУ № 758 «Про затвердження Порядку розроблення планів управління річковими басейнами». [6]

Якщо узагальнити головні акценти у законодавстві України щодо використання водних угідь, то можемо прийти до висновку що основною метою є регулювання впливу на водні джерела та захисту їх від надмірного антропогенного впливу.

Важливими важелями у цій сфері є встановлення різних охоронних зон що регулюють систему використання водних угідь та прилеглих до них угідь.

Для створення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження їх забруднення, засмічення і вичерпання, знищення навколоводних рослин і тварин, а також зменшення коливань стоку вздовж річок, морів та навколо озер, водосховищ і інших водойм встановлюються водоохоронні зони.

Водоохоронна зона є природоохоронною територією господарської діяль-

ності, що регулюється.

На території водоохоронних зон забороняється:

- 1) використання стійких та сильнодіючих пестицидів;
- 2) влаштування кладовищ, скотомогильників, звалищ, полів фільтрації;
- 3) скидання неочищених стічних вод, використовуючи рельєф місцевості (балки, пониззя, кар'єри тощо), а також у потічки.

Контроль за створенням водоохоронних зон і прибережних захисних смуг, а також за додержанням режиму використання їх територій здійснюється органами, що здійснюють державний контроль за використанням та охороною земель, і центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів.[15]

Одним із найбільш поширених елементів які є у системі регулювання використання водних об'єктів є встановлення прибережні захисні смуги, які запобігають чи значно зменшують забруднення і засмічення та збереження водних угідь, водності вздовж річок, озер, водосховищ та інших водойм.

Прибережні захисні смуги встановлюються по берегах річок та навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною: для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 гектарів - 25 метрів; для середніх річок, водосховищ на них та ставків площею більше 3 гектарів - 50 метрів; для великих річок, водосховищ на них та озер - 100 метрів.

Якщо крутизна схилів перевищує три градуси, мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється.

Прибережні захисні смуги встановлюються на земельних ділянках всіх категорій земель, крім земель морського і внутрішнього водного транспорту.

У межах існуючих населених пунктів прибережна захисна смуга встановлюється з урахуванням містобудівної документації згідно з комплексними планами просторового розвитку територій територіальних громад, генеральни-

ми планами населених пунктів. Щодо ширини то якщо зазначеною містобудівною документацією межі таких смуг не встановлені, вони визначаються шириною 100 метрів від урізу води. Відомості про межі прибережних захисних смуг, пляжних зон вносяться до Державного земельного кадастру як відомості про обмеження у використанні земель.

### **Водна безпека та сучасні перспективи розвитку водокористування.**

Коротко розглянемо які ключові положення і підходи щодо водної безпеки є в Україні. Ключовими положеннями та аналітичними підходами щодо водної безпеки є управління водними ресурсами з метою гармонізації національного водного законодавства та європейськими екологічними стандартами. На сучасному етапі обрано 4 ключових напрямів на оптимізацію та організацію національного використання водних угідь та прилеглих територій.

1. Екологічний напрям водної безпеки в Україні. Виклики, що підтверджуються незалежними оцінками міжнародних експертів (звіти WWF-Україна) наголошують, що українські річкові басейни перебувають у стані високого антропогенного навантаження. Основними чинниками є забруднення стічними водами, деградація малих річок, надмірне водокористування, осушення боліт та регулювання русел. Національні водні ресурси істотно залежать від транскордонних річок, що поглиблює потребу в міжнародній координації.

2. Нормативно-правова база та гармонізація із законодавством ЄС. У сфері водного управління Україна здійснює імплементацію положень Водної рамкової директиви ЄС 2000/60/ЕС, зокрема щодо:

- управління водними ресурсами на рівні річкових басейнів;
- досягнення «доброго екологічного стану» водних масивів;
- інтеграції екологічних критеріїв у планування меліорацій та гідротехнічних заходів.[25]

3. Екологічні аспекти управління паводками. Експерти WWF-Україна підкреслюють важливість природоорієнтованих рішень у протипаводковому захисті. До таких рішень належать:

- відновлення заплав і старорічкових русел;

- розширення площі природних водно-болотних угідь;
- збереження лісових екосистем у верхів'ях басейнів;
- мінімізація жорсткої руслорегуляції.

Також в цьому напрямку та внапрямку розвитку співпраці з ЄС є Європейська Директива 2007/60/ЕС про оцінку та управління ризиками затоплення вимагає включення екологічних критеріїв у протипаводкові плани. Україна поступово імплементує ці норми через регіональні програми управління ризиками затоплення. Такий підхід дозволяє не лише зменшувати ризики, а й підвищувати стійкість екосистем.

4. Інтегроване управління водними ресурсами як основа екологічної політики.

Така концепція передбачає досягнення балансу між водоспоживанням, природоохоронними заходами та розвитком територій. Зокрема акцент уваги на необхідність переходу від технократичних підходів до екосистемних, що включають:

- оцінку екосистемних послуг водоєм;
- визначення екологічних витрат води;
- пріоритизацію природних процесів самовідновлення річок.

Прикладами реалізації практичних рішень можна зараховувати

- відновлення заплав великих річок з метою природного регулювання паводків;
- реабілітація малих річок шляхом демонтажу застарілих гідротехнічних споруд;
- відновлення водно-болотних територій у дельтах рік, що сприяє покращенню якості води та біорізноманіття.[28]

### **Висновки.**

В Україні є дієві механізми що регулювання використання та охорони водних ресурсів, а також комплекс нормативного та законодавчого забезпечення яке сьогодні активно інтегрується з механізмами та нормативною базою

Євросоюзу.

Аналіз законодавчої бази та представлених результатів оцінок міжнародних експертів підтверджує, що гармонізація національного водного законодавства з європейськими нормами є ключовим чинником формування екологічно орієнтованої політики водного управління. Природоорієнтовані рішення та інтегроване управління водними ресурсами становлять основу сучасної екологічної парадигми, яку підтримує WWF-Україна та яка має бути системно впроваджена в Україні.

## ВИСНОВОК

Щоб проводити дослідження та виконувати моніторинг земної поверхні слід використовувати сучасні супутникові дані. Використання супутникового моніторингу дозволяє отримувати відкриті дані, що можуть застосовуватися для різноманітних дослідницьких та управлінських цілей.

У Закарпатській області, зокрема на території міста Мукачево, запаси поверхневих вод характеризуються нерівномірним розподілом. Значна частка потреб населення у питній воді, понад 90 %, покривається завдяки використанню річкових і водосховищних ресурсів. Саме тому контроль за якістю води у цих об'єктах набуває критичного значення.

В області створено базу тематичних карт із застосуванням нормалізованих диференційних індексів (NDVI, NDWI та ін.) у середовищі ArcGIS. Це дозволяє здійснювати ефективний моніторинг водних ресурсів, оцінювати стан водних об'єктів і приймати науково обґрунтовані управлінські рішення щодо їхнього використання та охорони, як на рівні області, так і окремих міст.

Беручи до уваги швидкість моніторингу та доступність, супутниковий аналіз є кращим та ефективнішим способом моніторингу водних ресурсів ніж топографічне знімання. В свою чергу топографічне знімання допомагає виявити нелегальні підключення до водних об'єктів, чи то водозабір, чи водовідведення, та більш детально описує ситуацію навколо озера чи річки, на плані чітко видно висоту плеса води, перепад висоти річки, площу, та навколишню ситуацію. Але у більших масштабах, рекомендую використовувати супутниковий моніторинг водних ресурсів.

Враховуючи аналіз гідрологічних характеристик ділянок русла річки, для гідрологічного моделювання затоплених територій рекомендую застосовувати одновимірну фізичну модель. На основі проведених досліджень, пропоную адаптувати автоматичний модуль HEC-RAS у середовищі ArcGIS для моделювання складних за гідрологічними характеристиками ділянок м. Мукачево на річці Латориця.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабійчук С.М., Томченко О.В. Спеціалізовані курси з основ ДЗЗ для освітньої системи Малої академії наук України. Наукові записи Малої академії наук України. 2021. № 1 (20). С. 13-27.
2. Біла К.О. Оцінка стану поверхневих вод за допомогою універсальної системи оперативного екологічного моніторингу / К.О.Біла // Матеріали конференції VI Всеукраїнського з'їзду екологів. – Вінниця, 2017. – С. 151-152.
3. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. Моніторинг довкілля – Вінниця.: ВНТУ, 2010. – 232 с.
4. Бондалетов К. О. Мобільна аналітична комп'ютерна система для оперативного моніторингу стану атмосферного повітря міста / К. О. Бондалетов Д. Ю. Дзюняк, В. Б. Мокін // Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи : матер. Міжнародної наук.–практ. Інтернет–конф., 23–26 квітня 2015 року / ВНТУ. Вінниця, 2015, С. 76–77.
5. Вишневський М. Збір за забруднення навколишнього природного середовища за скиди у водні джерела/ М. Вишневський // Податки та бухгалтерський облік. – 2010.– №28. – С. 28–31.
6. Водний кодекс України Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189 [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
7. Геодезичне забезпечення моніторингу водних екосистем: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2024. 185с.
8. Геоінформаційні дослідження водних екосистем України: моніторинг та прогнозування. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2022. – 212 с. [Електронний ресурс] URL: <https://uterra.org.ua/articles/geoinformatsiini-doslidzhennia-vodnykh-ekosystem-Ukrainy-monitorynh-ta-prohnozuvannia.pdf>
9. Гудзевич Л.С. Перспектива втілення екосистемного підходу в умовах міського середовища / Л.С. Гудзевич // Збірник наукових праць ВНАУ. – №9 (49), 2011. – С. 171-179.

10. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посібник. / Джигирей В. С. – К.: Знання, 2006. – 319с.
11. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах: навч.-метод. посіб. / С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма та ін. Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 268 с.
12. Довгий С.О., Бабійчук С.М., Юрків Л.Я., Кучма Т.Л., Томченко О.В., Данилов С.О. Застосування супутникових знімків у дослідницьких роботах учнів Малої академії наук України. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. № 80(6). Р. 21-38. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v80i6.4053>.
13. Дудник С.В. Моніторинг екологічної ситуації на водних об'єктах / С.В. Дудник, Ю.А. Глєбова // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009.– 30 с.
14. Дука А. П. Теорія та практика інвестиційної діяльності. Інвестування / А. П. Дука. – К. Каравелла, 2007. – 424 с.
15. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29, ст.315 [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>
16. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» Відомості Верховної Ради (ВВР), 2018, № 16, ст.138 [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text>
17. Ковальчук І. Екологічний моніторинг регіону: експертна оцінка стану і функціонування : науково–навчальне видання / [ за заг. ред. І. Ковальчука]. – Львів.: Опілля, 2009. – 607 с.
18. Критська Я.О., Білобородова Т.О. Дослідження методів обробки та аналізу геопросторових зображень для віддаленого моніторингу поверхневих вод. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2022. № 1(271). DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-271-1-11-17>.

19. Кукурудза С. І. Аналіз якості природних вод / С. І. Кукурудза, С. М. Турій – Львів.: Вид-во ЛДУ, 1994. – 37 с.
20. Лаврик В. І. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Підручник. / Лаврик В. І. – К.: Кондор, 2010. – 400 с.
21. Методичні рекомендації для написання кваліфікаційної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти ОС «Магістр» за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій / Укл.: Колодій П.П, Таратула Р.Б. – Львів, ЛНУП, 2023. – 33 с.
22. Мокін В. Б. Інформаційно–вимірювальна система оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв / В. Б. Мокін, К. О. Бондалетов, Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Вісник ВПІ. – Вінниця. – 2015. – № 5 (122). – С. 116–122.
23. Мокін В. Б. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. / Мокін В. Б. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 315 с.
24. Мультидисциплінарний аналіз аерокосмічної і наземної інформації при оцінці стану водних екосистем на основі методів системного аналізу / О. Д. Федоровський та ін. // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 7. С. 27–42.
25. Оцінка водного законодавства України та рекомендації щодо його гармонізації з практиками ЄС [https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_law.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_law.pdf?utm_source=chatgpt.com)
26. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. 21 Всеукраїнська конференція з проблем вищої освіти з міжнародною участю «Екологічно орієнтована вища освіта. Методологія та практика – 2023», 27 жовтня 2023 Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. К.: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с.
27. Погребенник В.Д., Романюк А.В. Методологія побудови інформаційно–вимірювальних систем для екологічного моніторингу водного середовища

- // Матеріали Міжнародної науково–практичної конференції “Обробка сигналів і негауссівських процесів”. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – С. 227– 229. 98
- Поліщук В. В. Малі річки України та їх охорона / В.В. Поліщук. – Київ.: Знання, 1988. – 31 с.
28. Постанова КМУ № 758 «Про затвердження Порядку розроблення планів управління річковими басейнами» від 18 травня 2017 р. № 336 Київ [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/336-2017-%D0%BF#Text>
29. Свояк Н.І. Екологічне інспектування. - Черкаси: Вертикаль, 2008. – 464с.
30. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. К.: Аграр. наука, 2019. 204с.
31. Remote sensing and image interpretation / Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman.—Seventh edition. –Wiley. -2017. -770p.

