

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ І ГЕОІНФОРМАТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Рівня вищої освіти «Магістр»

НА ТЕМУ:

**«Використання супутникових даних для моніторингу водних
ресурсів»**

Виконав: студент групи ЗВ-51
Напряму підготовки (спеціальності)
193 «Геодезія та землеустрій»
Гупало К.Є.

Керівник: доцент **Бочко О.І.**

Дубляни- 2024

УДК 004.62;004.93

Об'єкт дослідження: водні ресурси, Закарпатської області.

Предмет дослідження: стан водних ресурсів Закарпатської області.

Мета дипломної роботи: на основі супутникових знімків здійснити моніторинг водних ресурсів Закарпатської області та створити серію тематичних карт.

Основною метою досліджень є розробка та тестування методики автоматизованої обробки та аналізу багатоспектральних супутникових знімків середнього та високого просторового розрізнення з метою виявлення та оцінки динаміки та зміни меж і якості водних ресурсів. Результати кваліфікаційної роботи можуть бути корисними для фахівців-екологів в оцінці стану водних ресурсів Закарпатської області.

ЗМІСТ

| | | |
|------------|---|----|
| | ВСТУП | |
| 1 | ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ | 6 |
| 1.1 | Застосування супутникових даних для спостереження за водними ресурсами | 6 |
| 1.2 | Інвентаризація водних об'єктів та спостереження за змінами їх меж | 11 |
| 1.3 | Моніторинг повеней і моделювання процесів затоплення | 16 |
| 2 | АНАЛІЗ СТАНУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ | 20 |
| 2.1 | Характеристика поточного стану водних ресурсів | 20 |
| 2.2 | Характеристика водних ресурсів | 26 |
| 3 | ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ | 27 |
| 3.1 | Визначення характеристик водних об'єктів за допомогою супутникових знімків | 27 |
| 3.2 | Оцінка змін у водних ресурсах за допомогою супутникових даних | 33 |
| 3.3 | Аналіз якості води, поверхневих водних об'єктів та екосистем з використанням супутникових технологій | 37 |
| 3.4 | Використання програмного забезпечення ArcGis для обробки супутникових даних | 42 |
| 4 | ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 52 |
| | ВИСНОВКИ | 55 |
| | БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК | 56 |

ВСТУП

Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів є важливою складовою процесу розвитку не тільки для України, а й для всього світу. Природні ресурси є основою життя людей та економіки держави, тому збереження їх, відтворення та невиснажливе використання є одними з головних умов сталого соціально-економічного розвитку країни.

Стан навколишнього природного середовища залишається однією з найгостріших соціально-економічних проблем, що прямо чи опосередковано стосується кожної людини. Сучасна екологічна інформація привертає особливу увагу органів влади, громадських організацій, політичних структур та засобів масової інформації. Тому необхідність у достовірній та актуальній інформації про стан природного середовища стає надзвичайно важливою.

Супутникове спостереження Землі є одним з найбільш передових методів отримання даних про стан навколишнього середовища. Водночас існують певні проблеми, оскільки супутники запускатимуться на орбіту з різних країн і мають обмежений термін експлуатації, що створює питання щодо утилізації несправних супутників. В даний час на навколосезонній орбіті перебуває близько 19 000 об'єктів, що створює потенційну загрозу.

Однак супутникові дані є одними з найточніших і, що важливо, їх неможливо сфальсифікувати. Такі дані доступні для загального користування, з різною розрізненістю, що дає змогу покрити всі території Землі. Для отримання інформації достатньо вибрати необхідний час та місце, що дозволяє здійснювати моніторинг різних місцевостей.

Актуальність роботи. Вода є джерелом життя для всіх живих організмів на Землі. Без води людина не може існувати більше кількох днів. На жаль, людство ще не досягло достатнього рівня для ефективного використання та управління водними ресурсами. Однак світ поступово рухається до зменшення негативного впливу людської діяльності на водні ресурси.

Супутникові дані є важливим інструментом для моніторингу навколишнього середовища, і їх достовірність є незаперечною. Моніторинг стану водних ресурсів Закарпатської області є важливою задачею, адже однією з основних проблем є забруднення водних об'єктів через скидання стічних вод та підтоплення низинних територій, що в останні десятиліття стали серйозною загрозою. Використовуючи супутникові дані, можна здійснювати моніторинг водних ресурсів Закарпаття за різними критеріями.

1. ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

1.1 Застосування супутникових даних для спостереження за водними ресурсами

З появою супутникових даних як нового джерела інформації у світі почали активно вирішувати низку актуальних питань і проблем. Зокрема, це завдання, пов'язані з моніторингом сільськогосподарських угідь [1], лісового покриву [2], водних об'єктів [3] тощо. Особливу зацікавленість у цих дослідженнях проявляють держава та уряд країни, де вони проводяться. Комплексне розуміння проблеми дає змогу уряду ухвалювати ефективні управлінські рішення для запобігання глобальним катастрофам.

В Україні функціонує державна система моніторингу поверхневих вод, яка забезпечує доступ до інтерактивних карт із даними про кількість та екологічний стан водних ресурсів. З 2019 року в Україні впроваджено європейські підходи до моніторингу вод, відповідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС, а у 2018 році Кабінет Міністрів України затвердив новий порядок здійснення державного моніторингу вод.

Сучасні технології, зокрема супутникові дані (Landsat, Sentinel), дозволяють відстежувати динаміку рівнів води в багатьох водоймах України, а також у середніх і великих річках. Геоінформаційні методи доповнюють ці спостереження, забезпечуючи точність і доступність інформації для наукових досліджень та прийняття управлінських рішень. З 2019 року в Україні впроваджено європейські підходи до моніторингу вод відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС.

Основні зміни включають:

- Чіткий розподіл обов'язків між суб'єктами моніторингу, що дозволило уникнути дублювання функцій.
- Введення нових показників моніторингу, які раніше в Україні не вимірювалися. Це включає пріоритетні, гідроморфологічні та біологічні показники.

Процедури державного моніторингу вод залежать від його цілей і завдань та включають:

- Діагностичний моніторинг масивів поверхневих і підземних вод — для оцінки загального стану водних ресурсів.
- Операційний моніторинг масивів поверхневих і підземних вод — для спостереження за станом вод у районах із ризиками забруднення.
- Дослідницький моніторинг масивів поверхневих вод — для детального аналізу та вивчення причин змін якості води.

Моніторинг морських вод — для спостереження за станом морських екосистем.

Супутникові дані є потужним інструментом для спостереження за водними ресурсами, забезпечуючи точну та оперативну інформацію про їх стан. Вони дозволяють проводити моніторинг якості та кількості води, змін рівня води у водоймах, а також оцінювати вплив кліматичних змін і антропогенної діяльності. На рисунку 1.1 представлено основні напрями використання супутникових даних.

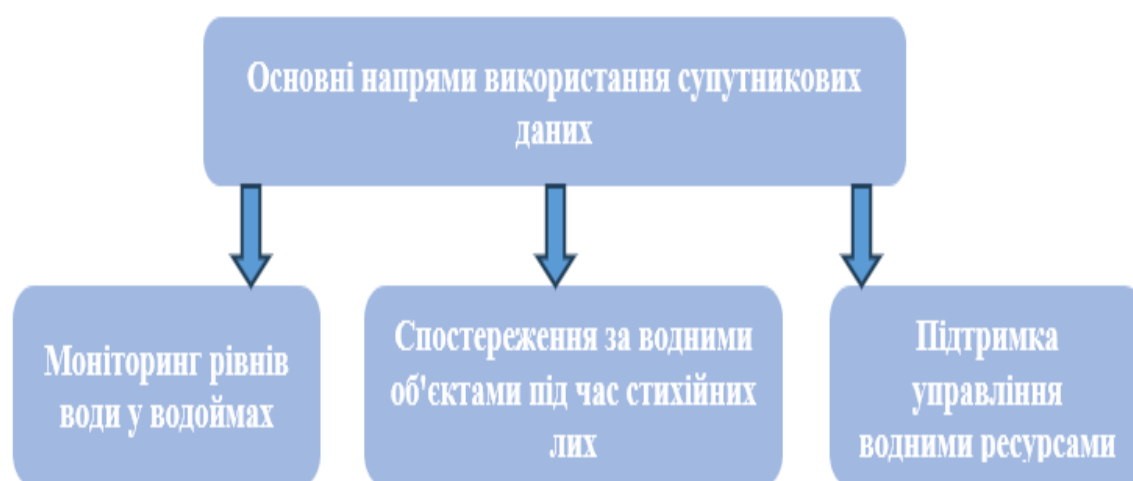


Рис. 1.1 Напрями використання супутникових даних

Супутники забезпечують регулярне спостереження за рівнями води у річках, озерах, водосховищах та морях. Дані з таких місій, як Sentinel-1, Sentinel-2 або Landsat, дозволяють відстежувати сезонні та довгострокові коливання рівня води. Використовуючи спектральні характеристики

супутникових даних, можна оцінювати прозорість води, концентрацію хлорофілу, рівень забруднення та наявність водоростей. Це допомагає виявляти екологічні проблеми та ризики для здоров'я населення. Супутники дозволяють оперативно оцінювати масштаби повеней, посух і інших надзвичайних ситуацій. Це допомагає координувати заходи реагування та мінімізувати збитки. Дані супутників дають змогу вивчати динаміку зникнення або розширення водойм, спричинену зміною клімату чи антропогенною діяльністю. Наприклад, виявлення обміління річок або висихання озер. Супутникові дані забезпечують надійну основу для планування водокористування, розвитку зрошувальних систем та оцінки впливу водного дефіциту на сільське господарство.

Переваги використання супутникових даних:

- Глобальне покриття: Дані охоплюють навіть важкодоступні регіони.
- Регулярність спостережень: Супутники забезпечують постійний моніторинг у режимі реального часу.
- Точність: Завдяки високій роздільній здатності можна отримувати детальну інформацію про стан водних ресурсів.
- Доступність: Використання відкритих супутникових даних (наприклад, Sentinel чи Landsat) дозволяє економити ресурси.

Супутники можуть покривати віддалені та важкодоступні райони, де немає традиційних інфраструктурних можливостей (кабелі, базові станції). Це дозволяє забезпечити доступ до інформації та послуг навіть у віддалених місцевостях, таких як ліси, пустелі, гори або морські райони. Сучасні супутники можуть надавати дані з дуже високою точністю. Це особливо важливо в таких сферах, як геодезія, картографія, сільське господарство та екологічний моніторинг, де необхідно отримувати точні дані про місце розташування та зміни в ландшафті. Супутникові системи можуть обробляти великі об'єми даних на глобальному рівні, що дає можливість здійснювати спостереження за широкими територіями, відстежувати глобальні зміни, такі як зміни клімату, а також допомагати у міжнародних наукових та

дослідницьких проектах. Також самі супутники можуть надавати дані в реальному часі або в режимі близькому до реального, що дозволяє оперативно реагувати на зміни або надзвичайні ситуації, наприклад, для моніторингу погоди, природних катастроф чи аварій. Зокрема супутники можуть бути використані для забезпечення національної безпеки, моніторингу кордонів, відстеження переміщення суден або літаків, а також для спостереження за незаконними діяльностями, такими як браконьєрство, незаконний видобуток корисних копалин або нелегальні міграційні потоки. Також в сучасних умовах супутникові дані інтегруються з іншими технологіями, такими як GIS (географічні інформаційні системи), що дозволяє проводити аналіз даних, робити прогнози, планувати розбудову інфраструктури або оцінювати наслідки природних катастроф.

Хоча запуск та обслуговування супутників є досить дорогим, їх здатність надавати дані на великій території з високою точністю та регулярністю може значно знижувати витрати на наземну інфраструктуру, особливо у віддалених районах. Супутникові дані використовуються в багатьох сферах: від сільського господарства (для моніторингу стану посівів, зрошення, виявлення хвороб рослин), до транспорту (моніторинг маршрутів, трафіку), енергетики (моніторинг енергетичних мереж) та навіть для наукових досліджень, таких як вивчення зміни клімату та особливо при дослідженні водних ресурсів зокрема.

Згідно з цілями дослідження:

- моніторинг гідрографічної мережі (відстеження змін у руслах, оновлення карт);
- гідрометричний контроль і вдосконалення розрахунків гідрометричних параметрів (аналіз факторів, що формують русло: водяні стоки, наносні матеріали, обмеження, такі як базис ерозії, тверді породи тощо);
- гідрофізичний і гідрохімічний моніторинг (моніторинг теплового режиму та випаровування, забруднення, якості водних ресурсів);

- гідрологічне прогнозування та прогнозування надзвичайних ситуацій (прогнозування витрат води, повеней, льодоставу, сезонних змін тощо);
Усе це потребує додаткових капітальних інвестицій у різні напрямки управління водокористуванням, значних зусиль для підвищення рівня повторного використання води, вдосконалення та раціоналізації процесу спільного використання води різними інституційними одиницями, а також застосування інноваційних підходів до формування нових засад економії водних ресурсів.

На рівні регіонів Європейський Союз у межах Програми охорони водних ресурсів робить конкретні кроки щодо впровадження суворого режиму управління для запобігання і зменшення забруднення, забезпечення раціонального використання води, покращення стану водних екосистем та зменшення наслідків повеней і засух. Комплексне управління водними ресурсами ґрунтується на їх оцінці та моніторингу, що вимагає використання більш вдосконаленої статистичної бази, яка забезпечує максимальне узгодження економічних, соціальних та екологічних даних. Отже, ефективне управління водними ресурсами вимагає цілеспрямованого використання даних з різних галузей знань.

Сьогодні виникає необхідність відповісти на низку конкретних питань щодо впровадження подібних систем спостереження та управління водними ресурсами, які розвиваються на субнаціональному, зокрема регіональному, рівні управління. Також постає задача розробити найбільш ефективну методикку для визначення показників і моделей ефективності використання водних ресурсів при оцінці результативності соціально-економічного розвитку територій, областей та адміністративних районів.

Розробка сучасних підходів до моніторингу використання водних ресурсів з використанням супутникових даних основі міжнародних стандартів дозволить створити умови для впровадження статистичних показників водних ресурсів у розробку комплексної системи оцінки рівня соціально-економічного розвитку регіонів країни, з акцентом на залучення природних

ресурсів, зокрема водних, до економічного обороту. Створена система моніторингу, при дотриманні міжнародних стандартів, стане корисною не лише для оцінки раціональності використання водних ресурсів, а й для розрахунку ефективності використання інших видів місцевих природних ресурсів.

1.2 Інвентаризація водних об'єктів та спостереження за змінами їх меж

Дешифрування космічних знімків для локалізації водних об'єктів дозволяє точно визначити кордони розділу «вода — суша». Це досягається завдяки використанню специфічних характеристик відображення водної поверхні на знімках. Наприклад, у видимому спектрі вода має вищий коефіцієнт поглинання, що робить водні поверхні темнішими порівняно з сушею на денних знімках. У ближньому інфрачервоному діапазоні водяна відбивна здатність нижча, ніж у видимому спектрі, тому індекс вегетації NDVI для води має негативні значення. Однак важливо зазначити, що процес дешифрування не є простим. У водах багатьох озер і річок, що містять значну кількість акумулятивного матеріалу, наявні органічні та мінеральні частки, які можуть змінювати відображені яскравості акваторій різних водойм, а також всередині однієї водойми. Це призводить до розмивання берегової лінії та ускладнює процес дешифрування.

Традиційно берегові лінії водойм визначались одноразово в меженний період під час оновлення картографічної продукції. Космічна зйомка дозволяє не лише одноразово встановити межі водойми, а й здійснювати регулярне визначення положення берегової лінії водосховищ та інших водних об'єктів, відстежуючи всі зміни конфігурації водного дзеркала з заданою періодичністю.

Для цих цілей з точки зору «ціна — якість» перспективними є дані з японського супутника ALOS. Картографічна камера PRISM, яка встановлена на супутнику, складається з трьох об'єктивів, орієнтованих «вперед», «вниз»

та «назад», що дозволяє отримувати три окремі зображення з просторовою розрізненістю 2,5 м та шириною смуги зйомки до 35 км. Особливістю цієї знімальної системи є висока точність ортотрансформування знімків за орбітальними даними без використання наземних опорних точок. Завдяки використанню лише RPC-коефіцієнтів, що описують елементи зовнішнього орієнтування камери та постачаються разом зі знімками, можна отримувати ортотрансформовані зображення земної поверхні з середньоквадратичною похибкою не більше 10 м, що повністю відповідає вимогам для створення та оновлення топографічних карт у масштабі до 1:25 000.

На борту супутника ALOS розташовані кілька важливих сенсорів: стереокамера PRISM (роздільна здатність 2,5 м), багатоспектральна камера AVNIR-2 (роздільна здатність 10 м) та радар L-діапазону PALSAR, що дозволяє отримувати радіолокаційні зображення з розрізненням від 10 до 100 м. Дані, отримані з супутника, мають широкий спектр застосувань. Вони використовуються для картографування, моніторингу природних ресурсів, а також для наукових досліджень в різних галузях, зокрема в екології, землевпорядкуванні та геодезії.

В таблиці 1.1 показано загальні параметри супутника ALOS

| | |
|-------------------------------------|--|
| Назва супутника | ALOS (Advanced Land Observing Satellite) / Daichi |
| Власник супутника | Японське аерокосмічне агенство JAXA |
| Дата запуску | 24 січня 2006 р. з космодрому Танегашима, 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 3 тонни, є передовим наступником ALOS-2, який вивчає Землю за допомогою радара з синтетичною апертурою з моменту запуску в 2014 році. Новий супутник забезпечує високу роздільну здатність та широку спостережну смугу, що дозволяє отримувати радіолокаційні зображення незалежно від часу доби та погодних умов. Це робить ALOS-4 надзвичайно корисним для спостереження та моніторингу територій, постраждалих від стихійних лих, лісових масивів та водних ресурсів.

Важливим напрямком використання космічних даних є моніторинг екологічного стану водних об'єктів. Технологія такого моніторингу включає попередню обробку космічних знімків (радіометричне калібрування, атмосферну корекцію) та їх автоматизоване дешифрування (спектральні класифікації, обчислення індексів, автоматична векторизація). Результати дешифрування оформляються у вигляді серій оперативних тематичних карт, які стають основою інформаційних баз спеціалізованих геоінформаційних систем.

Екологічний стан водного об'єкта характеризується низкою ознак, які можуть виражатися в різній мірі на космічних знімках. Для вивчення таких ознак найбільш перспективними є мультиспектральні знімки, оскільки вони дозволяють добре виявляти та кількісно вимірювати обсяги механічних суспензій і біогенних елементів. Для більшості водосховищ важливою проблемою є погіршення якості води через евтрофікацію — різке підвищення біологічної продуктивності водоростей, що часто є антропогенно спровокованим. Цей процес може призводити до негативних наслідків для екосистеми водойми. Зміни спектральних характеристик на серії мультиспектральних знімків дозволяють виявити наявність евтрофікації та оцінити її стадії розвитку. Польові дослідження, проведені на місці, дають можливість перейти до чисельних показників обсягу зважених часток у випадках механічного та біологічного забруднення.

Щодо питання, чи можна визначати хімічний склад водойми за космічними знімками, то безпосередньо це зробити на основі сучасної

апаратури та алгоритмів ДЗЗ неможливо. Однак існують непрямі методи визначення, зокрема інтерполяція. Наприклад, біологічне забруднення водойм зазвичай пов'язане з накопиченням біогенних речовин (фосфору та азоту), що, у свою чергу, знижує рівень кисню у воді, підвищує рН та сприяє випадінню карбонату кальцію й гідроксиду магнію. Це дозволяє побудувати просторові кореляції, використовуючи дані з космічних знімків, з подальшою оцінкою вмісту цих речовин за допомогою вибіркового хімічного аналізу та картографічних методів. Те ж саме можна сказати і про співвідношення концентрацій механічних суспензій, що потрапляють у водойму з промислових стоків, з вмістом техногенних хімічних елементів, таких як мікроелементи. Якщо знати концентрацію суспензій та типовий вміст певних елементів, можна побудувати карти розподілу цих елементів у поверхневих шарах води. На рисунку 1.2 показано карту складену за даними космічних знімків проінвентаризованих найбільших річок Закарпатської області

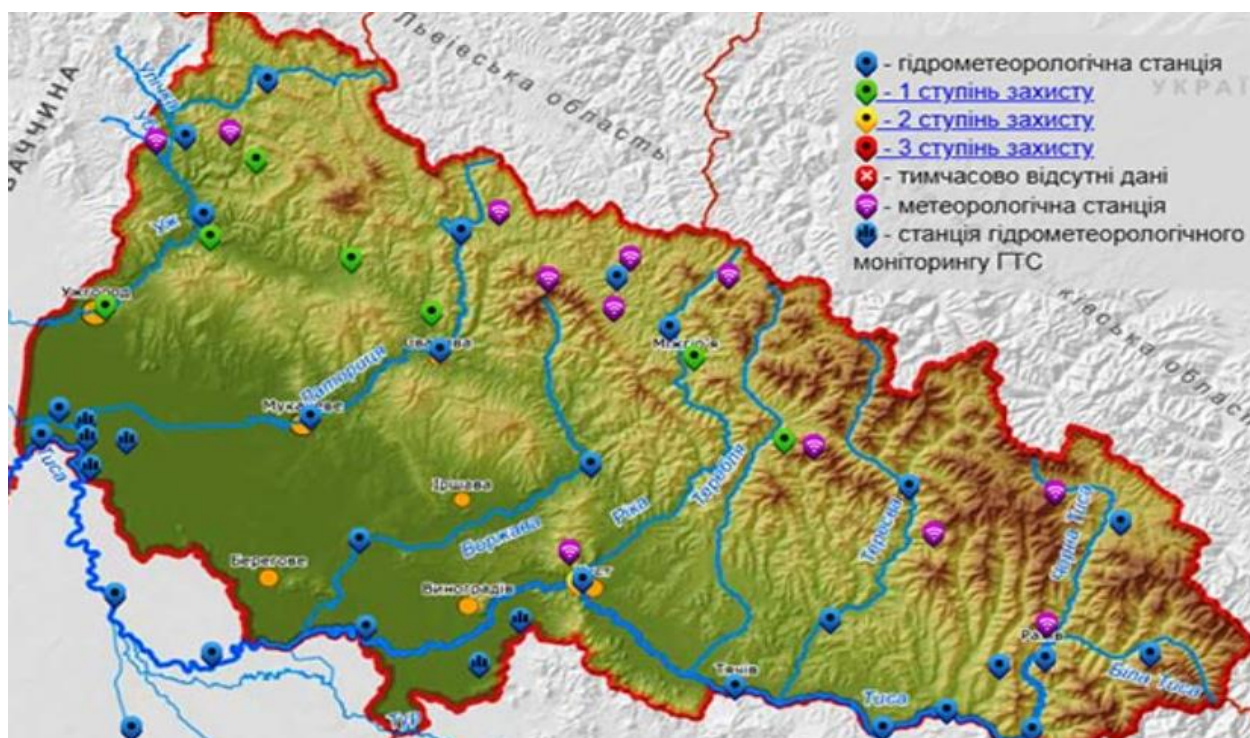


Рис. 1.2 Карта найбільших річок Закарпатської області.

Найбільші річки Закарпатської області:

- Річка Біла Тиса – ліва притока Тиси;
- Річка Чорна Тиса – ліва притока Тиси;

-Річка Боржава — права притока річки Тиса;4

-Річка Латориця — права притока Тиси;

-Річка Тересва – права притока Тиси;

-Річка Тиса – найбільша ліва притока Дунаю;

-Річка Уж – ліва притока річки Латориці;

-Гідрографічна мережа Закарпатської області складається з 152 річок, основні із них представлені на рисунку 1.2, кожна з яких має довжину понад 10 км. Усі ці річки належать до басейну Тиси, лівої притоки Дунаю, яка протікає вздовж південної межі області. Найбільші притоки Тиси в межах області — Тересва, Тересва, Ріка і Боржава. Окрім того, до басейну Тиси входять дві великі річки Закарпаття — Латориця і Уж.

Більшість річок області протікають серед хребтів та гір Українських Карпат, тому вони відносяться до річок гірського типу. Річки, що виходять на Закарпатську низовину, в нижній частині мають ознаки рівнинних річок.

Річки Закарпаття відносяться до річок змішаного живлення з переважанням дощового. Зазначені значні коливання зимових і літніх опадів спричиняють нестійкий гідрологічний режим. Деякі дослідники вважають річки Карпат типом причорноморських річок, оскільки вони мають паводки протягом всього року, однак ці річки також мають низку своїх особливостей.

Режим рівнів води в річках характеризується безладним чергуванням паводків протягом року. В середньому за рік спостерігається 25-35 піків підняття рівня води, більшість з яких припадає на весняно-літній період. Весняне водопілля на рівнинах починається в кінці лютого або на початку березня, в горах — на 15 днів пізніше. Ступінь підняття рівня води залежить від обсягів снігу та швидкості його танення. Максимальні рівні води спостерігаються в середині — кінці березня. Снігове водопілля часто супроводжується дощовими паводками, і рівні води можуть зберігатися до кінця квітня — початку травня, піднімаючись на 3-4 метри вище звичайного рівня.

У травні рівні води різко підвищуються внаслідок зливових дощів. Влітку спостерігається 15-20 і більше піків дощових паводків, інтенсивність яких часто перевищує весняні повноводдя. У червні та серпні спостерігаються найвищі літні рівні, які можуть досягати 4-5 метрів. Паводки тривають від 5-15 днів до місяця. Витрати води в річках під час цих паводків можуть зрости від 20 м³/с на малих річках до 170 м³/с. Після літніх паводків настає коротка літньо-осіння межень, яка часто переривається осінніми дощовими паводками. В зимовий період (грудень – лютий) рівень і витрати води знижуються, досягаючи зимового мінімуму. Проте при відлигах, коли тане сніг і випадають сильні дощі, рівень води може знову різко піднятися.

1.3 Моніторинг повеней і моделювання процесів затоплення

Природні паводки та повені є одними з найбільш поширених і небезпечних стихійних лих, які виникають на Землі. Вони спричиняють значні матеріальні та соціальні втрати. Для зменшення шкоди та запобігання трагічним наслідкам цих явищ, а також для оперативного інформування населення, у світовій практиці останніх десятиліть розроблено методи моделювання затоплень і прогнозування загроз руйнувань. Таке моделювання передбачає вивчення морфометричних характеристик русел річок і ґрунтується на використанні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та застосуванні спеціалізованих гідрологічних модулів. У сучасних умовах, через суттєві зміни природних факторів, таких як вирубка лісів та зміна клімату, паводки і повені стають практично щорічними екологічними катастрофами, що супроводжуються значними економічними збитками та руйнівними процесами.

Основною загрозою є підвищення рівня води в річках, що виходить за межі русла та затоплює будівлі, угіддя, комунікації та інші господарські об'єкти, часто розташовані на заплавах територіях. Водночас людська діяльність у басейні річок Латориця, Тиса та Уж за останні десятиліття посилила вплив факторів, що сприяють частішому виникненню паводків, які

завдають значних руйнувань. Хоча повністю уникнути таких стихійних лих неможливо, їхній вплив можна значно зменшити, локалізувати та, при своєчасному попередженні, звести матеріальні втрати до мінімуму. Це можна досягти через оперативний моніторинг і прогнозування паводкової ситуації. Важливим інструментом для цього є гідрологічне моделювання на основі даних супутникових даних про типи русел та заплав, а також гідрометрії рівнів води, що дозволяє визначати затоплені території, розраховані за допомогою гідрологічних моделей та спеціалізованого програмного забезпечення. У басейні Тиса найбільшу небезпеку для долини в межах Закарпаття та долин його гірських приток становлять паводки, оскільки ця гірська частина регіону має найбільшу інтенсивність дощів, що спричиняють паводкові явища.

Режим річок басейну Тиса відзначається великою мінливістю за короткі проміжки часу. Аналіз щорічних гідрографів дозволяє виокремити окремі фази, періоди або сезони, під час яких характер коливань стоку, його величина та генезис відрізняються від суміжних періодів. Для річок басейну Тиса можна виділити такі ключові періоди:

- період стоку талих вод або період весняної повені (весна);
- період переважання додатних температур і підземного живлення або період літньо-осінньої межені (літо – осінь);
- період переважання додатних температур та дощового живлення або період літньо-осінніх паводків (літо – осінь);
- період низьких температур і льодових явищ або період зимової межені (зима).

Протягом всього року, в багаторічному розрізі, ймовірність високих рівнів води є такою ж ймовірністю для низьких рівнів. Навіть у посушливі роки, коли рівень води в річках залишається загалом низьким, можуть траплятися різкі підйоми рівня, які досягають 50-100 см і більше за добу. Максимальні річні рівні води зазвичай спостерігаються під час паводків. У деякі роки найвищі рівні води фіксуються саме під час весняної повені.

Сучасні аерокосмічні засоби дистанційного зондування Землі дозволяють отримувати не лише дані про метричні характеристики водних об'єктів, такі як загальна площа акваторії, площа відкритої водної поверхні, особливості островів чи наявність порогів. Вони також забезпечують можливість оцінки санітарно-біологічних показників, вивчення динамічних процесів та вимірювання температури води. Водна поверхня слугує природним джерелом інформації, що дозволяє визначати стан водойми загалом і виявляти різні процеси, які відбуваються у водній товщі. Найкращі результати у вивченні природних об'єктів досягаються завдяки комплексному та синхронному використанню космічних і наземних досліджень. Це забезпечує ефективне поєднання даних: наземні вимірювання екстраполюються на картосхеми, створені на основі космічних знімків, а виявлені на космічних зображеннях аномалії слугують важливим базовим орієнтиром для подальших досліджень.

Паводок — це природний динамічний процес, що включає три основні фази формування водного режиму річки:

- Фаза підйому рівня: характеризується стрімким збільшенням рівня води та її витрати внаслідок інтенсивних опадів або танення снігу.
- Фаза піку: досягнення найвищого рівня води та максимальної витрати, що часто призводить до затоплення заплавл і річкових долин.
- Фаза спаду рівня: зниження рівня води та витрати, іноді супроводжується зсувами ґрунту на прилеглих територіях.

Повінь — це період водного режиму річки, що характеризується найвищим рівнем води та максимальною витратою, зазвичай супроводжується затопленням заплавл і долин річки.

Природні паводки та повені є одними з найпоширеніших і найнебезпечніших стихійних лих, що трапляються у світі. Вони спричиняють значні матеріальні збитки та соціальні наслідки. Для зменшення шкоди, запобігання трагічним наслідкам і своєчасного інформування населення упродовж останніх десятиліть у світовій практиці було розроблено методику

моделювання затоплень і прогнозування можливих руйнувань. Таке моделювання базується на аналізі морфометричних характеристик річкових русел і використовує дані супутникового спостереження. У сучасних умовах значні зміни природного середовища, такі як вирубка лісів і зміна клімату, спричиняють майже щорічні екологічні катастрофи у вигляді паводків і повеней. Ці явища супроводжуються значними економічними втратами та руйнівними процесами. Основна загроза полягає у підвищенні рівня води, яка виходить за межі русла, затоплюючи будинки, угіддя, комунікації та інші господарські об'єкти, що нерідко розташовані у заплавах зонах. У басейні Тиса господарська діяльність останніх десятиліть підсилила вплив факторів, які провокують часті паводки, що призводять до масштабних руйнувань.

2.АНАЛІЗ СТАНУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Характеристика поточного стану водних ресурсів

Закарпатська область як адміністративно-територіальна одиниця України була утворена 22 січня 1946 року. Станом на сьогодні вона складається з 6 районів і 64 територіальних громад, а її адміністративним центром є місто Ужгород.

На північному сході, сході та південному сході область межує з Львівською та Івано-Франківською областями (рис. 2.1). На північному заході, заході та півдні її територія збігається з державним кордоном України, загальна довжина якого становить 467,3 км. Зокрема, кордон з Угорщиною простягається на 130,3 км, з Румунією — на 205,6 км, зі Словаччиною — на 98,7 км, а з Польщею — на 33,5 км. На території області діють 19 пунктів пропуску через кордон із сусідніми країнами. На рисунку 2.1 показано карту Закарпатської області.



Рис. 2.1 Карта закарпатської області

Закарпатська область, розташована на крайньому південному заході України, є географічним центром Європи. Її територія вирізняється різноманітним рельєфом та кліматичних умов. Особливістю регіону є його розташування за головними Карпатськими хребтами, що ускладнює транспортне сполучення з іншими частинами України. Зв'язок забезпечують перевали, серед яких найбільше значення мають Ужоцький (889 м), Верецький (839 м), Воловецький (1014 м), Торунський (930 м), Вишківський (941 м) та Яблуницький (931 м).

Гірська місцевість охоплює близько двох третин території Закарпаття, включаючи найвищу точку України — гору Говерлу (2061 м). Область лежить на південно-західних схилах Українських Карпат (Східні Карпати) та на Закарпатській низовині, яка є частиною Середньо-Дунайської низовини. Гірська частина області складається з трьох основних хребтів, які мають похилі південно-західні схили, розсічені долинами гірських річок. У центральній частині розташовані Полонинські гори з рівними вершинами, які вкриті гірськими луками, що використовуються як пасовища. На рисунку 2.2 представлено карту основних природно-ландшафтних територій.

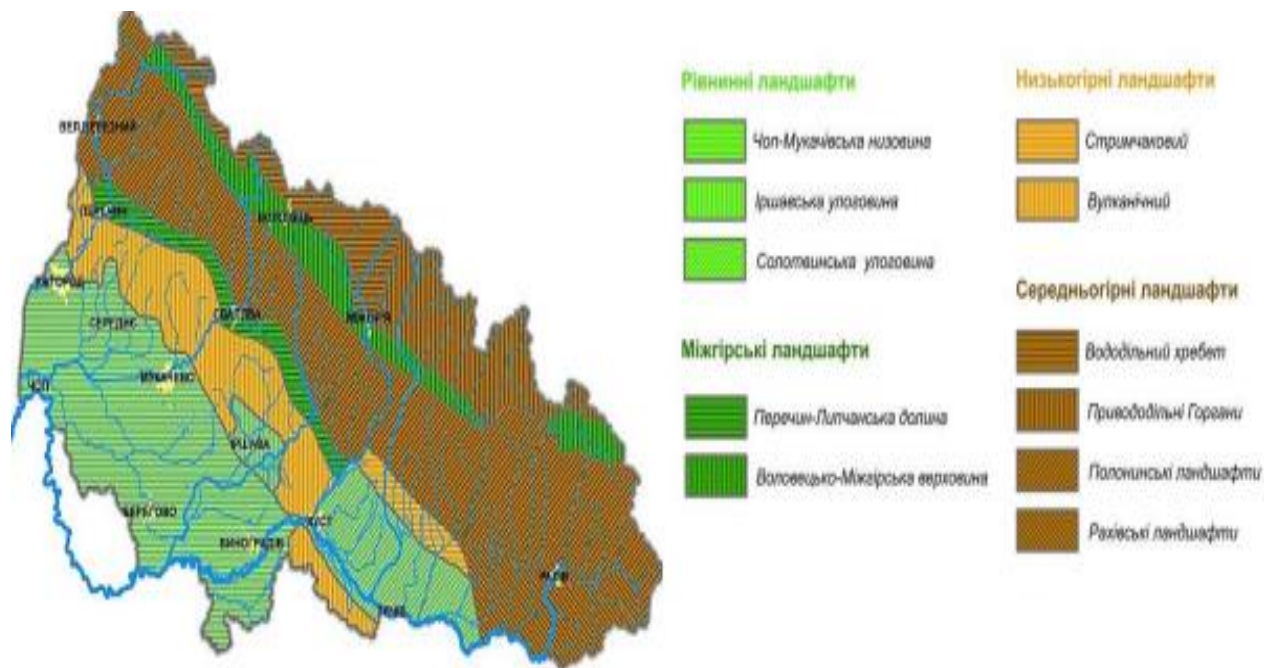


Рисунок 2.2 Природно-ландшафтні території Закарпатської обл.

Клімат Закарпаття має помірно континентальний характер із достатнім або надмірним зволоженням. Йому властиві нестійка весна, помірно спекотне літо, тепла осінь та м'яка зима. Середньорічна швидкість вітру варіюється від 1,2 до 2,4 м/с залежно від місцевості, тоді як максимальні пориви, зафіксовані в районах Хуста, Міжгір'я та на полонинах, сягають близько 40 м/с. У рівнинних районах домінують південно-західні вітри, у гірській місцевості – гірсько-долинні, а взимку в долинах річок переважають північні вітри.

Температурний режим також залежить від висоти місцевості. У січні середньомісячна температура у горах становить $-7,8^{\circ}\text{C}$, тоді як на рівнині (наприклад, в Ужгороді) вона лише $-3,1^{\circ}\text{C}$. Улітку температури коливаються від $11\text{--}14^{\circ}\text{C}$ у високогір'ї до $20\text{--}21^{\circ}\text{C}$ на низинах.

Кількість опадів змінюється залежно від висотного положення: у низинній зоні вона складає 600–800 мм на рік, тоді як у горах досягає 1000–1500 мм, а у роки з високою водністю може перевищувати 2500 мм. Сніговий покрив у горах формується в листопаді й утримується до 110 днів, тоді як на рівнинних територіях сніг лежить близько 50 днів.

2.2 Характеристика водних ресурсів

Водні ресурси Закарпатської області формуються завдяки річковому стоку басейну річки Тиса, місцевому стоку річок області, а також транзитному стоку, що надходить з територій Румунії, Угорщини та Словаччини. Крім того, значний внесок у водопостачання області вносять підземні води.

Основна водна артерія Закарпаття — річка Тиса, що є однією з найбільших приток Дунаю. Її загальна протяжність складає 967 км, з яких 262 км протікають по території України. Початок усіх річок області знаходиться в високогірних Карпатах.

Закарпаття має густу річкову мережу. Середня густота річок — 1,7 км на квадратний кілометр. Загалом на території області протікає 9426 річок загальною довжиною 19723 км, більшість з яких є малими річками з середньою довжиною близько 2 км і площею водозбору $1,2\text{ км}^2$. 155 річок мають довжину більше 10 км, а їх загальна протяжність складає 3430 км. Найбільшими річками

є Тиса, Боржава, Латориця і Уж, кожна з яких має довжину більше 100 км. Водні ресурси басейну Тиси в межах України оцінюються в 13,3 км³ на рік, з яких 7,92 км³ становить місцевий стік.

Озера на території області здебільшого льодовикового походження, але деякі з них утворилися через гірські обвали чи мають вулканічне походження. Найбільшим озером є Синевир, яке розташоване на висоті 989 м над рівнем моря в верхів'ях річки Тересля. Його площа складає майже 7 га, а середня глибина — 16-17 м. Всього в області є 863 водні об'єкти, з яких 143 перебувають в оренді.

Для сільськогосподарського водопостачання в основному використовуються підземні води, хоча є кілька водозаборів з гірських потоків. Закарпаття є найзволоженішою областю України, і всі діючі водозабори підземних вод є інфільтраційними, тому якість води безпосередньо залежить від поверхневого стоку і потребує особливого контролю. На рисунку 2.3 показано карту мережі поверхневих вод Закарпатської області.



Рис. 2.3 Поверхневі води Закарпатської області

У 2023 році основні водокористувачі області забрали з природних водних об'єктів 41,935 млн м³ води, що на 7,45 % більше порівняно з 2022 роком, та скинули у поверхневі водні об'єкти 42,380 млн м³ зворотних вод, що на 7,19 % більше, ніж у 2022 році. Показник використання свіжої води у всіх секторах у 2023 році становив 25,312 млн м³, що на 9,39 % більше, ніж у попередньому році. Найбільше води використано на питні та санітарно-гігієнічні потреби – 13,567млн м³, на зрошення – 0,789 млн м³, а на виробничі потреби – 4,345 млн м³. У таблиці 2.1 формують показники використання води суб'єктами господарювання Закарпатської області, які відповідно до Порядку ведення державного обліку водокористування зобов'язані надавати звітність про використання води. Дані подано за розділом «Водокористування» Державного водного кадастру.

Таблиця 2.1

Водокористування у Закарпатській області, млн м³

| Показник | 2020 | 2021 | 2022 |
|--|--------|--------|--------|
| Забрано із природних водних об'єктів, всього у т. ч. | 46,632 | 39,027 | 41,942 |
| <i>поверхневої</i> | 27,217 | 21,119 | 21,437 |
| <i>із підземних водних об'єктів</i> | 19,415 | 17,908 | 20,505 |
| Використано свіжої води, всього у т. ч. | 27,648 | 22,236 | 24,312 |
| <i>на питні і санітарно-гігієнічні потреби</i> | 11,838 | 11,892 | 13,602 |
| <i>на виробничі потреби</i> | 3,660 | 3,711 | 4,144 |
| <i>на потреби зрошення</i> | 0,738 | 0,851 | 0,868 |
| Втрачено води при транспортуванні | 9,816 | 9,589 | 7,273 |
| Загальне водовідведення | 38,420 | 39,719 | 42,592 |
| Скинуто в поверхневі водні об'єкти зворотних (стічних) вод, всього у т. ч. | 38,134 | 39,521 | 42,380 |
| <i>нормативно-очищених на спорудах</i> | 27,529 | 26,071 | 27,072 |
| <i>нормативно чистих без очистки</i> | 7,073 | 9,557 | 11,576 |
| <i>забруднених</i> | 3,532 | 3,893 | 3,733 |
| <i>у т. ч.</i> | | | |
| <i>недостатньо очищених</i> | 3,259 | 3,772 | 3,565 |
| <i>без очищення</i> | 0,273 | 0,121 | 0,168 |

У 2023 році спостерігалось зростання використання свіжої води порівняно з попереднім роком на 2,1 млн м³. Найбільша частка води була використана об'єктами житлово-комунального господарства, що становить 13,885 млн м³ або 57,1% від загального обсягу водокористування. У сільському господарстві в 2022 році було використано 4,966 млн м³ води, що складає 20,43% від загального обсягу. Підприємства промисловості спожили 1,457 млн м³ води, що відповідає 5,99% загального обсягу використаної води.

У 2023 році у водні об'єкти було скинуто 27,072 млн м³ нормативно очищених зворотних вод, що на 3,84% більше, ніж у 2021 році. Нормативно чистих вод без очищення було скинуто 11,576 млн м³, що на 21,13% більше порівняно з попереднім роком. Забруднених вод було скинуто 3,733 млн м³, що на 4,13% менше, ніж у 2022 році. Обсяг неочищених або недостатньо очищених зворотних вод становив 8,7% від загального обсягу скинутих зворотних вод у поверхневій водній мережі регіону. Основними забруднювачами залишаються об'єкти житлово-комунальних підприємств, більшість з яких потребують реконструкції та модернізації своїх очисних споруд для підвищення ефективності очищення стічних вод. Підприємства харчової промисловості зазвичай обладнані лише механічними системами очищення, хоча деякі також використовують біологічне очищення. Автозаправні станції оснащені системами очищення забруднених дощових стоків, а деякі також мають очисні споруди глибокої біологічної очистки для господарсько-побутових стічних вод.

Найбільшими забруднювачами поверхневих вод у регіоні залишаються об'єкти житлово-комунальних підприємств. Зношеність систем централізованого водопостачання перевищує 60%, а водовідведення — більше 80%, що призводить до аварійних ситуацій, погіршення якості водопостачання та безпеки питної води. Більшість каналізаційних очисних споруд потребують модернізації та збільшення пропускної спроможності через впровадження новітніх технологій очищення стічних вод. Проблеми ускладнюються в умовах війни через додаткове навантаження на житлово-комунальне

господарство, зокрема через розміщення релокованих підприємств, внутрішньо переміщених осіб та будівництво нових житлових об'єктів. Водночас в обласному секторі водопостачання та водовідведення критично зношені очисні споруди потребують термінової реконструкції. У низці селищ спостерігається відсутність належної системи водовідведення та очистки стічних вод, особливо в сільській місцевості, що створює загрозу забруднення підземних вод та відкритих водотоків, які використовуються для питного водопостачання.

3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

3.1 Визначення характеристик водних об'єктів за допомогою супутникових знімків

Визначення характеристик водних об'єктів за допомогою супутникових знімків є важливим інструментом для моніторингу водних ресурсів. Супутникові дані дозволяють отримувати точну та оперативну інформацію про стан водних об'єктів, їхні розміри, якість води та інші екологічні показники. Цей метод є особливо корисним для таких регіонів, як Закарпаття, де водні ресурси мають важливе значення для екосистеми та економіки.

Супутникові знімки дають змогу точно визначати площу водних об'єктів, таких як річки, озера і водосховища, що є важливим для оцінки водних ресурсів, прогнозування рівня води та планування водозабезпечення. Застосування методів класифікації зображень дозволяє розрізняти водні поверхні від інших типів землекористування, а також оцінювати зміни площі водних об'єктів у часі, що важливо для моніторингу сезонних коливань рівня води чи екологічних катастроф.

Якість води можна оцінити за допомогою супутникових знімків завдяки аналізу спектральних характеристик води. Це дозволяє визначити мутність води, концентрацію хлорофілу та наявність поверхневих забруднень, таких як нафтові плями або токсичні скиди. Спектральні канали супутників дозволяють точно виявляти зміни в складі води, що є важливим для екологічного моніторингу та планування заходів для покращення якості води.

Супутникові знімки також можуть використовуватися для моніторингу температури води. Використовуючи теплові канали супутників, можна визначати температурні зміни, що можуть вказувати на природні чи антропогенні фактори, такі як скиди теплих вод від промислових підприємств чи сезонні варіації температури води, що впливають на екосистеми водних об'єктів.

Динаміка водних об'єктів, зокрема зміни рівня води, також може бути оцінена за допомогою супутникових знімків. Спостереження за рівнем води в річках та озерах дозволяє прогнозувати паводки, посухи та інші екологічні загрози. З супутникових знімків можна відстежувати зміни в руслі річок, що допомагає в управлінні водними ресурсами та оцінці впливу людської діяльності на водні об'єкти.

Окрім цього, супутникові знімки дозволяють виявляти забруднення водних об'єктів. За допомогою супутникових даних можна визначати наявність нафтових плям, забруднень, пов'язаних з промисловістю, сільським господарством або побутовими відходами. Спектральні канали супутників допомагають виявити відмінності в забрудненій воді, що дає змогу своєчасно реагувати на екологічні загрози. Також, в умовах гірських регіонів, таких як Закарпаття, супутникові знімки можуть бути використані для визначення наявності льоду на водних об'єктах, що є важливим для прогнозування зміни рівня води в річках, оскільки танення льодових покривів може спричинити паводки.

Таким чином, супутникові знімки є потужним інструментом для оцінки характеристик водних об'єктів, забезпечуючи точні та оперативні дані, які є необхідними для ефективного управління водними ресурсами та збереження екологічної рівноваги, особливо в таких водоносних регіонах, як Закарпаття.

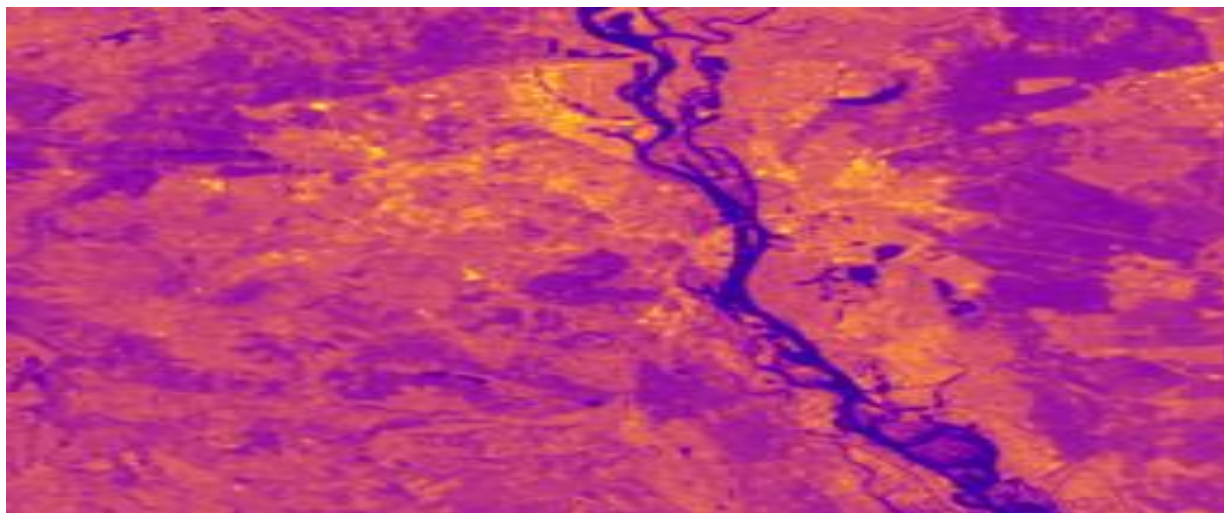


Рис. 3.1 Спектральний знімок р. Тиса супутника Landsat

Для моніторингу водних ресурсів на прикладі Закарпатської області можна використовувати космічні знімки, отримані з різних супутників, таких як Landsat, Sentinel та MODIS, що є основою наповнення даних бази ГІС «ТИСА» які надають важливу інформацію про стан водних об'єктів, їхні характеристики та динаміку.

Відділ гео-інформаційних систем (ГІС) та інформаційного забезпечення є структурним підрозділом БУВР Тиси. Створений в середині 2005 року, на сьогодні він є єдиним подібним відділом серед водогосподарських організацій України.

Потреба у використанні цифрових технологій пов'язана з глобальною комп'ютеризацією та інформатизацією суспільного життя. Для прийняття адекватних управлінських рішень та прогнозування можливого розвитку подій необхідно володіти величезним масивом оперативної інформації про кількісний і якісний стан об'єктів у просторі та часі. Саме такі інформаційні системи створюються спеціалістами з ГІС-технологій. Сучасні інформаційні технології дають можливість вивчення навколишнього природного середовища шляхом обробки даних наземних досліджень, аеро- та космічних фотознімків і матеріалів спектрального аналізу, одержаних зі штучних супутників Землі, просторового аналізу великих масивів даних

Одним із прикладів використання космічних знімків для визначення характеристик водних об'єктів є супутник Landsat. Знімки цього супутника дозволяють точно визначати межі водних об'єктів, таких як річки та озера, завдяки високій роздільній здатності (до 30 м). Наприклад, за допомогою знімків Landsat можна чітко окреслити межі річки Тиса в Закарпатті, а також визначити її зміну в різні сезони. Це дозволяє оцінювати зміни рівня води, наприклад, після сильних дощів або танення снігу в гірських районах, що може впливати на паводки.

Для оцінки якості води можна використати супутникові знімки Sentinel-2. Цей супутник має вищу роздільну здатність (до 10 м) та оснащений спектральними каналами, які дозволяють визначити концентрацію хлорофілу,

що є важливим показником для аналізу стану води. За допомогою знімків Sentinel-2 можна оцінити мутність води в річках і озерах Закарпаття, зокрема в озері Синевир, яке є важливим природним об'єктом області. Знімки дозволяють виявити забруднення води, такі як нафтові плями чи шкідливі мікроорганізми, що можуть впливати на екосистеми.

MODIS — це супутник, який також активно використовується для моніторингу водних ресурсів. Його знімки дозволяють отримати загальну картину стану водних об'єктів на великій площі, зокрема, для моніторингу рівня води в річках і озерах, оцінки забруднення води та виявлення змін в екосистемах. Наприклад, дані MODIS допомагають спостерігати за змінами водного балансу на території Закарпаття, зокрема в контексті зміни рівня води в річках басейну Тиси.

Завдяки обробці супутникових знімків можна також оцінити зміни площі водних об'єктів на території області, що є важливим для планування водозабезпечення та управління водними ресурсами. Наприклад, спостереження за водними ресурсами через супутникові знімки дозволяють точно визначити, як зміни клімату, такі як зменшення кількості опадів або підвищення температури, впливають на водний баланс.

Знімки супутників також дають змогу визначити наявність льодових покривів на водних об'єктах, таких як річки Закарпаття взимку. Це дозволяє оцінити потенційний вплив танення льоду на рівень води в річках і передбачити можливі паводки.

Таким чином, використання космічних знімків для моніторингу водних ресурсів Закарпатської області є надзвичайно корисним інструментом, який допомагає здійснювати оперативне спостереження, визначати якість води, виявляти забруднення та прогнозувати зміни рівня води в річках і озерах. Ці дані є важливими для збереження водних ресурсів, управління водним забезпеченням та збереження екологічної рівноваги в регіоні.



Рис. 3.2 Супутниковий знімок р. Тиса на території м. Чоп

Супутниковий знімок річки Тиса в Закарпатській області має ряд характеристик, які допомагають в оцінці стану водних ресурсів. Ось кілька основних аспектів цього зображення:

-Роздільна здатність: Знімок зроблений з високою роздільною здатністю, що дозволяє чітко відобразити дрібні деталі річкових берегів, зміну рівня води, а також різні природні чи антропогенні особливості, такі як дамби, мости або сільськогосподарські ділянки.

-Склад водних об'єктів: Зображення надає можливість побачити всі великі та дрібні водні об'єкти на території річки Тиса, включаючи головні русла річки, її притоки, озера та водосховища, що розташовані на її шляху.

-Типи покриття землі: Знімок дозволяє оцінити різні типи земного покриття в басейні річки Тиса. Наприклад, можна чітко визначити водні площі, сільськогосподарські угіддя, ліси, а також забудовані території.

-Визначення стану води: Використовуючи кольорові спектри, можна оцінити рівень води, її мутність, а також можливі забруднення (поява піни або змінення кольору води може вказувати на забруднення).

-Оцінка змін: Порівняння різних супутникових знімків, зроблених у різний час, дає змогу аналізувати зміни, які відбуваються з водними об'єктами, такі як зміна рівня води, процеси ерозії або навіть наслідки повеней чи інших природних катастроф.

-Інтеграція з іншими даними: Супутникові знімки можуть бути використані разом з іншими джерелами даних, такими як метеорологічні вимірювання чи гідрологічні моделі, для детальнішого аналізу водних ресурсів та прогнозування зміни їхнього стану.

Ці характеристики супутникових знімків дозволяють не лише отримувати точну інформацію про стан водних об'єктів, але й допомагають у плануванні та управлінні водними ресурсами, що є особливо важливим для таких регіонів, як Закарпатська область, де водні ресурси мають велике значення для екосистеми та економіки.

Для аналізу водних об'єктів на прикладі річки Тиса в Закарпатті, супутникові знімки можна використовувати для визначення таких параметрів:

1. Розташування водних об'єктів – супутникові знімки надають чітке уявлення про всі водні об'єкти на території, включаючи річки, озера, водосховища тощо. Це дозволяє здійснити точну географічну прив'язку до картографічних даних і порівняти зміни водних об'єктів у часі.
2. Стан води та її рівень – змінюючи спектри кольору на знімках, можна оцінити різні властивості води, такі як рівень забруднення або кількість відкладень. Висококонтрастні знімки можуть допомогти виявити навіть малі зміни в рівні води після дощів чи повеней.
3. Визначення земного покриття – за допомогою супутникових знімків можна побачити, яке покриття є в басейні річки: лісисті ділянки, сільськогосподарські угіддя, міські території, будови або інші елементи, що можуть впливати на водні ресурси.

4. Моніторинг змін – знімки, зроблені через певні проміжки часу, дозволяють стежити за змінами в водних об'єктах, таких як зміна рівня води, зміни в руслі річки або наявність водної рослинності, що також може вказувати на забруднення або зміни екосистеми.

3.2 Оцінка змін у водних ресурсах за допомогою супутникових даних

Використання супутникових технологій для моніторингу водних ресурсів дозволяє отримати високоякісні, своєчасні дані про стан водних об'єктів, що є важливим для оцінки екологічного стану регіону. Для Закарпатської області, яка має велике значення для водозабезпечення та екології в Україні, супутникові дані стали основним інструментом для спостереження та оцінки змін у водних ресурсах. Цей підхід дозволяє на основі отриманих зображень визначати динаміку рівня води, зміну площі водних об'єктів та інші важливі характеристики водних систем.

Закарпаття характеризується великою кількістю річок та водосховищ, серед яких найбільш значущими є річки Тиса, Латориця, Боржава та Уж. Кліматичні зміни, антропогенні навантаження та природні катаклізми можуть суттєво впливати на екологічний стан водних ресурсів цього регіону. Супутникові знімки дозволяють ефективно моніторити такі зміни, надаючи велику кількість інформації, яка раніше була недоступною.

Аналіз змін рівня води та водних об'єктів

Супутникові знімки забезпечують можливість точного вимірювання змін рівня води в річках та озерах Закарпатської області. Використовуючи дані супутників, таких як Landsat або Sentinel-1, можна здійснювати моніторинг зміни рівня води в різних водних об'єктах, оцінюючи динаміку їхньої площі протягом року.

Наприклад, супутникові знімки можуть показати, як рівень води в річці Тиса змінюється залежно від сезонних факторів, таких як дощі чи танення снігу в горах Карпат. Знімки можуть вказати на критичні зміни, коли рівень води

досягає небезпечних меж, що є важливим для прогнозування можливих повеней. Регулярний моніторинг за допомогою супутникових даних дозволяє також виявляти зонування територій, які піддаються ризику підтоплення, і оперативно вживати заходів для запобігання катастрофічним наслідкам.

Також, за допомогою супутникових знімків, можна досліджувати вплив антропогенних факторів, таких як будівництво дамб, зливних каналів чи водосховищ, на рівень води. Встановлюючи зміни у рівні води протягом тривалого періоду, можна оцінити ефективність цих інженерних споруд та їх вплив на водні ресурси.

Оцінка змін у водних площах

Крім моніторингу рівня води, супутникові знімки дозволяють виявляти зміни у площі водних об'єктів, таких як озера, ставки, та заболочені території. За допомогою оптичних супутникових знімків, які надають інформацію про території, покриті водою, можна спостерігати сезонні коливання водних площ, що виникають через зміну клімату чи інтенсивність дощів.

Для Закарпаття ці дані є особливо важливими, оскільки зміни в площі водних об'єктів можуть бути індикаторами змін у екосистемах. Наприклад, зменшення площ води в озерах та ставках може свідчити про дефіцит води через тривалу засуху або надмірне використання води в аграрному секторі.

Супутникові знімки також дозволяють оцінити ефективність природоохоронних заходів, таких як відновлення заболочених територій або захист природних водосховищ, і визначати, чи є зрушення в площі водних об'єктів після здійснення таких заходів.

Спостереження за забрудненням водних ресурсів

Іншою важливою задачею є оцінка рівня забруднення водних ресурсів. Супутникові знімки можуть допомогти виявити забруднені ділянки водних об'єктів та оцінити масштаби забруднення. Використовуючи супутникові дані, можна аналізувати зміни у кольоровому спектрі води, що дозволяє визначити рівень наявності забруднювачів, таких як нафтові плями, важкі метали або органічні забруднювачі.

Для Закарпатської області це особливо важливо для оцінки якості води в річках та озерах, оскільки тут часто спостерігаються зміни у складі води через сільськогосподарську діяльність, скиди зворотних вод та забруднення від житлово-комунальних підприємств. За допомогою супутникових знімків можна регулярно моніторити стан водних ресурсів і виявляти потенційні загрози для здоров'я людей, які використовують воду з цих джерел.

Використання супутникових даних для управління водними ресурсами

Регулярне використання супутникових знімків для моніторингу водних ресурсів у Закарпатті є важливим інструментом для прийняття рішень у сфері управління водними ресурсами. Держава, місцеві органи влади та екологічні організації можуть використовувати ці дані для розробки заходів з управління водними ресурсами, боротьби з наслідками зміни клімату, попередження стихійних лих, таких як повені, та для оцінки впливу антропогенних факторів на водні ресурси.

За допомогою супутникових даних також можна оцінити можливості для відновлення водних ресурсів, управління водозабором і водовідведенням, що дозволить зберегти екологічний баланс і забезпечити сталий розвиток водного господарства на всіх рівнях. Таким чином, супутникові дані є потужним інструментом для оцінки змін у водних ресурсах Закарпатської області. Використання супутникових знімків дозволяє здійснювати оперативний моніторинг рівня води, площі водних об'єктів, а також визначати стан екосистем водних ресурсів. Це забезпечує своєчасного реагування на зміну клімату, а також на антропогенні фактори, що впливають на водні ресурси регіону. Застосування супутникових технологій для моніторингу водних ресурсів є важливим кроком до збереження екологічного балансу та забезпечення сталого розвитку водного господарства в Закарпатті.

Для оцінки змін рівня води в річках та озерах Закарпаття використовують супутникові знімки, зокрема супутники Landsat і Sentinel-1. Ці супутники дозволяють спостерігати зміни рівня води в річках Тиса, Латориця, Уж та інших водних об'єктах протягом року. Сезонні коливання рівня води можуть

бути досліджені за допомогою змін у спектральних характеристиках води, що дозволяє визначити рівень і динаміку водних об'єктів.

Супутникові знімки можуть також допомогти у виявленні зон підтоплення під час повеней або визначення територій, що піддаються високому ризику забруднення вод через великий рівень дощових вод. Цей моніторинг особливо актуальний у гірських районах Закарпаття, де змінюються швидкості і об'єми води через танення снігу.

Супутникові знімки дозволяють виміряти зміни в площах водних об'єктів. Це можна робити, аналізуючи знімки, зроблені за допомогою оптичних супутників (наприклад, Landsat, Sentinel-2). Завдяки ним можна простежити зміни у площах річок, озер і заболочених територій, а також оцінити ефективність природоохоронних заходів, таких як відновлення заболочених земель або створення нових водосховищ.

На знімках видно, як змінюються площі водних об'єктів в результаті сезонних коливань чи людської діяльності. Наприклад, у регіонах, де відбувається активне водозабезпечення для сільськогосподарських потреб, або у зонах, де проводяться дренажні роботи, можна відстежувати постійну зміну водного середовища.

Оцінка забруднення водних ресурсів

Для аналізу якості води у водних об'єктах використовують супутникові знімки, що дозволяють виявити забруднення поверхневих вод. Цей підхід особливо важливий для таких великих річок, як Тиса, де антропогенні фактори (наприклад, скиди зворотних вод) можуть спричиняти забруднення води. Супутникові знімки дають можливість виявити нафтові плями, зміну кольору води (яка може свідчити про наявність органічних забруднювачів), а також кількість розчинених речовин у воді.

Динаміка змін у водних об'єктах за допомогою супутникових знімків

Для аналізу змін у водних об'єктах Закарпаття з часом, супутникові знімки можна використовувати для порівняння різних періодів. Зокрема, порівнюючи знімки, зроблені в різні роки, можна оцінити, як змінилася площа водних

об'єктів, рівень води або забруднення. Таке порівняння дозволяє виявити тенденції, наприклад, чи збільшилась площа водних об'єктів через надмірне випаровування чи танення льоду, або чи зменшилась площа води через забруднення чи природні катастрофи.

Для оцінки змін у водних ресурсах необхідно використовувати знімки з високою просторовою роздільною здатністю, наприклад, зображення з супутників Landsat, Sentinel або інших спеціалізованих супутників. Знімки мають покривати періоди, що дозволяють порівнювати різні стани водних ресурсів протягом часу (наприклад, місяць, рік).

Вода у річках та озерах відображає світло по-різному залежно від її чистоти, рівня та сезонних змін. Використовуючи супутникові знімки, можна оцінити зміну площі водних об'єктів за допомогою індексів, таких як NDWI (Normalized Difference Water Index), що дозволяє визначити рівень води і виявити зміни в її кількості за допомогою алгоритмів обробки зображень.

Спостереження за кольором води може допомогти виявити забруднення, таке як плівка на поверхні води чи знижена прозорість води, що може бути індикатором хімічних чи біологічних забруднень. Інтеграція даних про хімічний склад води з супутниковими знімками дозволяє отримати точнішу картину стану водних ресурсів. Супутникові знімки також дозволяють виявляти зміни в ландшафті, такі як ерозія берега, утворення нових озер або відсутність води в річках чи озерах у періоди посухи. Використовуючи супутникові знімки, можна також створювати прогнози для моніторингу водних ресурсів в майбутньому. Наприклад, на основі поточних і минулих зображень можна визначити тренди і прогнози щодо рівня води, що дозволяє своєчасно реагувати на потенційні загрози, такі як засухи або повені.

3.3 Аналіз якості води, поверхневих водних об'єктів та екосистем з використанням супутникових технологій

Спостереження та контроль якості поверхневих вод здійснюються через організацію кількох типів спостережних мереж. Це включає стаціонарні пункти моніторингу природного складу та рівня забруднення вод,

спеціалізовані мережі на забруднених об'єктах для вирішення наукових завдань, а також тимчасові експедиційні пункти для охоплення територій, які не включені до основних мереж.

Синхронність, регулярність і узгодженість термінів спостережень є критично важливими для ефективного моніторингу. Одним із ключових етапів цієї роботи є правильний вибір місця розташування пункту спостереження.

Для розміщення пунктів гідрохімічного моніторингу використовуються дві основні схеми: об'єктна та територіальна.

Об'єктна схема застосовується для вивчення гідрохімічних умов великих і середніх водних об'єктів. Пункти розташовуються на великих річках, каналах із важливим господарським значенням, у замикаючих створах великих річок, що впадають у моря, а також на значних озерах і водосховищах.

Територіальна схема використовується для спостережень на малих річках, зокрема для оцінки фонових умов і регіонального аналізу. Пункти розміщують у створах, які добре відображають місцеві природні умови досліджуваних районів.

Ключова вимога до місць розташування пунктів спостереження – це репрезентативність щодо масштабу й характеру забруднень, спричинених скидами стічних вод із різних галузей народного господарства.

Пункти спостереження – це спеціально визначені місця на водних об'єктах (річках, озерах, водоймищах), де проводиться систематичний моніторинг якості води. Вони класифікуються на чотири категорії залежно від значущості водного об'єкта, міри його забруднення та інших факторів:

1. **Категорія I** охоплює пункти на об'єктах із важливим господарським значенням і високим рівнем антропогенного впливу.
2. **Категорія II** стосується об'єктів, розташованих у межах промислових міст і селищ, із значним впливом забруднень.
3. **Категорія III** охоплює об'єкти з помірним або слабким впливом антропогенних факторів.

4. **Категорія IV** включає незабруднені об'єкти, що використовуються для фонових спостережень.

Перед організацією моніторингу проводяться попередні дослідження стану водного об'єкта, ідентифікуються водокористувачі, джерела забруднення, та складається карта-схема з розташуванням пунктів і створів спостережень.

Створи – це умовні поперечні перерізи водного об'єкта, на яких проводиться відбір проб води та інші вимірювання. Їх кількість і розташування залежать від особливостей об'єкта:

- Для водоймищ з інтенсивним водообміном створюють один фоновий створ вище джерела забруднення і щонайменше два створи нижче.
- Для водоймищ з уповільненим водообміном фоновий створ розміщують у незабрудненій зоні, а інші розташовують нижче місця скидання стічних вод.

На водотоках пункти спостереження розташовують вище та нижче джерела забруднення, забезпечуючи репрезентативний відбір проб на різних відстанях від місця скидання.

Для відбору проб води використовуються вертикалі (від поверхні до дна) та горизонти (шари води на різній глибині). Кількість точок відбору визначається залежно від глибини водного об'єкта:

- Для глибин до 5 м – одна проба біля поверхні води.
- Для глибин 5–10 м – дві проби (на поверхні й біля дна).
- Для глибин понад 10 м – три проби (на поверхні, на половині глибини та біля дна).
- Для глибин понад 100 м – проби беруться на глибинах 10, 20, 50, 100 м та біля дна.

Крім цього, пункти спостереження синхронізуються з гідрологічними постами, де вимірюються витрати води. Цей підхід забезпечує комплексну оцінку стану водних об'єктів та їх екосистем.

Аналіз якості води, поверхневих водних об'єктів та екосистем з використанням супутникових технологій є потужним інструментом для моніторингу екологічного стану водних ресурсів. Супутникові технології дозволяють здійснювати безперервне спостереження за водними об'єктами, надаючи актуальні дані щодо їх стану та змін, що відбуваються внаслідок природних або антропогенних впливів. Для прикладу, розглянемо використання супутникових знімків та датчиків для моніторингу водних ресурсів у Закарпатській області.

Супутникові знімки дозволяють оцінити ряд параметрів, що визначають якість води, таких як температура води, колір води, турбідність води та концентрація забруднювачів. Супутники, оснащені термальними датчиками, можуть визначити температурні зміни в водних об'єктах, що може вказувати на зміну екосистем або забруднення води. Це важливо для оцінки здоров'я водних екосистем, таких як зміна середовища для водних рослин чи тварин. Спектральні знімки дозволяють оцінити зміст хлорофілу та інших органічних забруднень у воді. Зеленоватий відтінок води може свідчити про наявність водоростей або підвищену концентрацію органічних речовин, що часто є показником евтрофікації (перенасичення води поживними речовинами). Підвищена турбідність води може бути результатом людської діяльності, такої як сільськогосподарські стоки або будівельні роботи, які забруднюють води. Деякі супутники можуть виявляти специфічні забруднювачі води, наприклад, нафтові плями, органічні забруднення або важкі метали, через аналіз спектральних характеристик води.

Використання супутникових технологій для аналізу екосистем водних об'єктів дозволяє відстежувати вегетаційні покриви на водних об'єктах, зокрема, рослинність водоростей. Оцінка розвитку водоростевого покриву є важливою для розуміння екологічного балансу водних екосистем, виявлення евтрофікації та забруднення води. Використання даних з супутників дозволяє аналізувати зміну екосистеми водних об'єктів. Наприклад, можна

відстежувати зміни в рослинному покриві води (такі як зміни у розподілі водоростей чи лілій), що дозволяє зробити висновки щодо стану екосистеми.

Супутникові технології активно використовуються для виявлення і моніторингу різного виду забруднення водних ресурсів. Супутники з радарними датчиками можуть виявляти нафтові плями на поверхні води, що допомагає виявляти екологічні катастрофи та зливи нафти в річках та озерах. Супутники з спектрометрами можуть виявляти підвищену концентрацію аміаку, нітратів та інших хімічних забруднювачів у воді, що дозволяє оцінювати вплив сільського господарства чи промисловості на водні ресурси.

Супутникові технології мають ряд переваг для моніторингу якості води. Вони дозволяють здійснювати безперервне спостереження за водними об'єктами, що дає змогу здійснювати постійний моніторинг та вчасно виявляти зміни в якості води. Завдяки супутникам можна охопити великі території, включаючи важкодоступні або віддалені райони, що особливо важливо для великих водних басейнів, таких як річка Тиса в Закарпатті. Сучасні супутникові датчики дозволяють отримувати високу точність даних, що дає змогу проводити детальний аналіз якості води та стану екосистеми.

Для аналізу водних ресурсів Закарпатської області супутникові знімки можуть бути використані для визначення змін у рівнях води в річках, оцінки турбідності води в річках Тиса, Уж та Боржава, а також для виявлення зон евтрофікації або забруднення в результаті сільськогосподарських стоків. Використання таких знімків дозволяє здійснювати моніторинг екологічного стану водних об'єктів та прогнозувати можливі екологічні наслідки зміни водних ресурсів в умовах змін клімату або антропогенних впливів.

Супутникові технології відіграють важливу роль у сучасному моніторингу водних ресурсів та екосистем. Для Закарпатської області це дозволяє не тільки стежити за якістю води в річках та озерах, але й ефективно аналізувати зміни в екосистемах водних об'єктів. Оскільки супутники надають дані в реальному часі, це дає змогу швидко реагувати на зміни в екологічному

стані водних ресурсів, виявляти забруднення та евтрофікацію, а також приймати відповідні заходи для збереження екологічного балансу в регіоні.

3.4 Використання програмного забезпечення ArcGIS для обробки супутникових даних

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. Завдяки широкому набору інструментів, ArcGIS дозволяє обробляти великі обсяги даних дистанційного зондування Землі, аналізувати їх та створювати карти, які відображають динаміку змін водних об'єктів.

Основні функції ArcGIS для обробки супутникових даних:

Імпорт супутникових даних ArcGIS підтримує широкий спектр форматів даних, таких як GeoTIFF, HDF, NetCDF, JPEG2000, які використовуються для збереження супутникових знімків. Дані можуть бути отримані з таких джерел, як Sentinel-2, Landsat або інших супутників.

Попередня обробка даних включає корекцію геометрії, атмосферну корекцію, калібрування яскравості та рефлектансів. Ці кроки забезпечують точність аналізу, мінімізуючи вплив зовнішніх факторів.

Класифікація зображень ArcGIS надає інструменти для класифікації супутникових зображень, які дозволяють виділяти різні типи поверхонь (вода, рослинність, міські території, ґрунти). Методи класифікації включають:

Некеровану класифікацію (наприклад, метод К-середніх).

Керовану класифікацію (з використанням тренувальних даних для визначення класів).

Інтеграція спектральних індексів ArcGIS підтримує розрахунок спектральних індексів, таких як NDWI (Normalized Difference Water Index),

який використовується для визначення наявності води та оцінки її якості.

Формула NDWI:

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$$

Де Green – відображення в зеленому діапазоні спектра, а NIR – відображення в ближньому інфрачервоному діапазоні.

Створення 3D-моделей за допомогою інструментів ArcGIS можна створювати тривимірні моделі водних об'єктів і навколишнього середовища, що дозволяє оцінювати об'єм водойм, рельєф дна тощо.

Моніторинг змін ArcGIS дозволяє порівнювати супутникові знімки за різні періоди, визначаючи динаміку змін водних об'єктів, таких як зміна площі водної поверхні, замулення, поява забруднень.

Інтеграція з іншими даними ПЗ підтримує інтеграцію супутникових знімків із іншими наборами даних, наприклад, гідрологічними або кліматичними, що забезпечує комплексний підхід до аналізу.

Приклад використання ArcGIS для аналізу водних об'єктів Закарпатської області:

Закарпаття, з його густою мережею річок та водойм, є ідеальним регіоном для застосування супутникових даних у поєднанні з ArcGIS. Основні завдання:

Моніторинг стану річок, таких як Тиса та Уж, для виявлення забруднень та змін гідрологічного режиму.

Оцінка змін водосховищ (наприклад, Терембле-Ріцького водосховища) через зміну обсягу води та рослинності навколо берегів.

Виявлення зон підтоплення під час паводків за допомогою аналізу знімків Sentinel-2.

ArcGIS забезпечує створення карт і звітів, які можуть використовуватись для прийняття рішень щодо управління водними ресурсами та мінімізації екологічних ризиків.

Візуалізація результатів

Отримані дані можна представити у вигляді тематичних карт, 3D-візуалізацій або інтерактивних веб-додатків, що робить результати доступними для широкого кола користувачів, включаючи науковців, управлінців та громадськість.

ArcGIS залишається одним із найпотужніших інструментів для роботи з супутниковими даними, що дозволяє комплексно вивчати, оцінювати та покращувати стан водних ресурсів.

Програмне середовище ArcGIS є основним інструментом у роботі геоінформаційних систем (ГІС). Воно включає широкий набір модулів, які забезпечують можливість обробки великих масивів геопросторових даних. ArcGIS підтримує різноманітні формати даних, серед яких TIFF, JPG, IMG та багато інших.

Для проведення аналізу в роботі використано супутникові знімки Landsat 8, які були завантажені з офіційного сайту Геологічної служби США. Знімки Landsat 8 містять інформацію в різних спектральних каналах, що дозволяє застосовувати їх для різноманітних досліджень, зокрема для моніторингу екосистем, оцінки стану водних ресурсів та виявлення змін у землекористуванні.

На рисунку 3.3 продемонстровано супутниковий знімок Закарпатської області, р. Латориця, відкритий у двох каналах – Red і NIR. Така комбінація каналів дозволяє створити зображення, що чітко відображає рослинний покрив, водні об'єкти та їх межі. Використання цих каналів також забезпечує можливість розрахунку спектральних індексів, таких як NDVI та NDWI, які є ключовими для аналізу стану водних та земельних ресурсів.

ArcGIS надає засоби для налаштування відображення каналів, корекції кольорів та інтеграції з іншими наборами даних, що робить його незамінним інструментом для роботи з супутниковими знімками.



Рис. 3.3 Супутниковий знімок Закарпатської області, р. Латориця, відкритий у двох каналах – Red і NIR

У програмному середовищі ArcGIS 10.5 передбачено можливість попереднього аналізу супутникових знімків, що є важливим етапом підготовки до їх детальної обробки. Наприклад, на рисунку 3.4 продемонстровано процес аналізу зображення, а також створення композицій із декількох спектральних каналів.

На панелі Відображення (Display) розміщено набір інструментів для покращення візуалізації даних, які дозволяють користувачам оптимально налаштувати вигляд зображень відповідно до поставлених завдань. До основних інструментів цієї панелі належать:

- Повзунки контрасту, яскравості, гами та прозорості, які дають змогу підвищити якість візуалізації та виявити приховані особливості у знімках.

- Опція динамічної настройки діапазонів (DRA), яка автоматично адаптує значення відображення відповідно до вибраної ділянки зображення, що дозволяє виділити ключові характеристики певної області.

Інструменти "Зашторити шар" (Swipe Layer) та "Мерехтливий шар" (Flicker Layer), які забезпечують порівняння двох шарів даних. Наприклад, вони дозволяють аналізувати зміни у зображеннях, що накладаються, шляхом динамічного перегляду шарів.

Композиція з кількох каналів у ArcGIS 10.5 дає змогу інтегрувати різні спектральні діапазони в одне зображення. Це допомагає не лише підвищити інформативність знімка, а й виділити окремі об'єкти, такі як водні ресурси, сільськогосподарські угіддя або лісові масиви.

Ці можливості ArcGIS є надзвичайно важливими для ефективної роботи з геопросторовими даними, адже вони дозволяють виконувати не лише візуальний аналіз, але й підготовку даних для подальших наукових досліджень чи практичного використання.

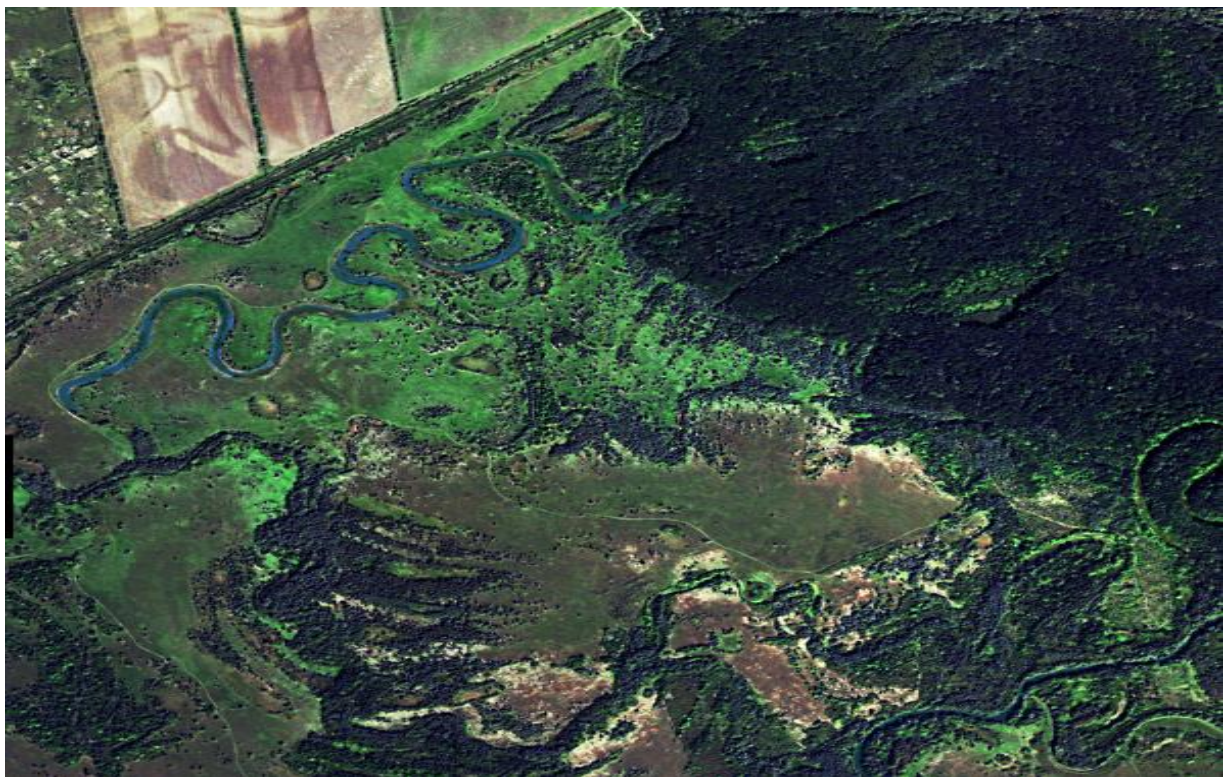


Рис. 3.5 Аналіз річки Латориця Мукачівського р-ну Закарпатської області в ПС ArcGis10.5

ArcGIS 10.5 пропонує потужний набір інструментів для обробки геопросторових даних, зокрема за допомогою панелей Обробка (Processing) і Вимірювання (Mensuration), які значно спрощують аналіз супутникових знімків та підготовку даних до подальшого використання. Панель Обробка (Processing)

Ця панель надає користувачам можливість швидко виконувати стандартні операції обробки даних за допомогою одного натискання миші. Серед доступних функцій:

- Вирізання (Clip): дозволяє виділити необхідну область супутникового знімка для детального аналізу.
- Створення маски (Mask): допомагає приховати небажані ділянки зображення або виділити цільові області.
- Ортотрансформація: усуває геометричні спотворення знімків.
- Фільтри згортки (Convolution Filters): використовуються для підсилення деталей або усунення шуму.
- Створення мозаїки (Mosaic): дозволяє об'єднати кілька зображень в одне для отримання цілісної картини.

Динамічність обробки: Під час використання інструментів панелі Обробка, нові результати зберігаються як тимчасові растрові шари, які доступні одразу після виконання дій. Цей підхід дозволяє заощадити час і спрощує процес роботи, адже обробка виконується "на льоту". Однак, якщо ці тимчасові шари не зберегти перед закриттям програми ArcMap, дані будуть втрачені. Для постійного збереження можна експортувати результати у вигляді файлу растрових даних або зберегти їх як окремий шар.

Панель Вимірювання (Mensuration)

Цей інструмент забезпечує аналіз зображень шляхом точного вимірювання геометричних параметрів. Серед основних функцій:

- Вимірювання точки, відстані, кута: забезпечує базові геометричні обчислення на основі геопросторових даних.

- Визначення висоти: висоту об'єктів можна обчислювати за їх тінню або використовуючи цифрову модель рельєфу (ЦМР).
- Обчислення периметра та площі: дозволяє визначити основні характеристики різних ділянок. За допомогою цих функцій можна вимірювати як площу окремих об'єктів, так і проводити порівняльний аналіз для оцінки змін у часі, наприклад, для визначення зникнення водних ресурсів або розширення урбанізованих територій.

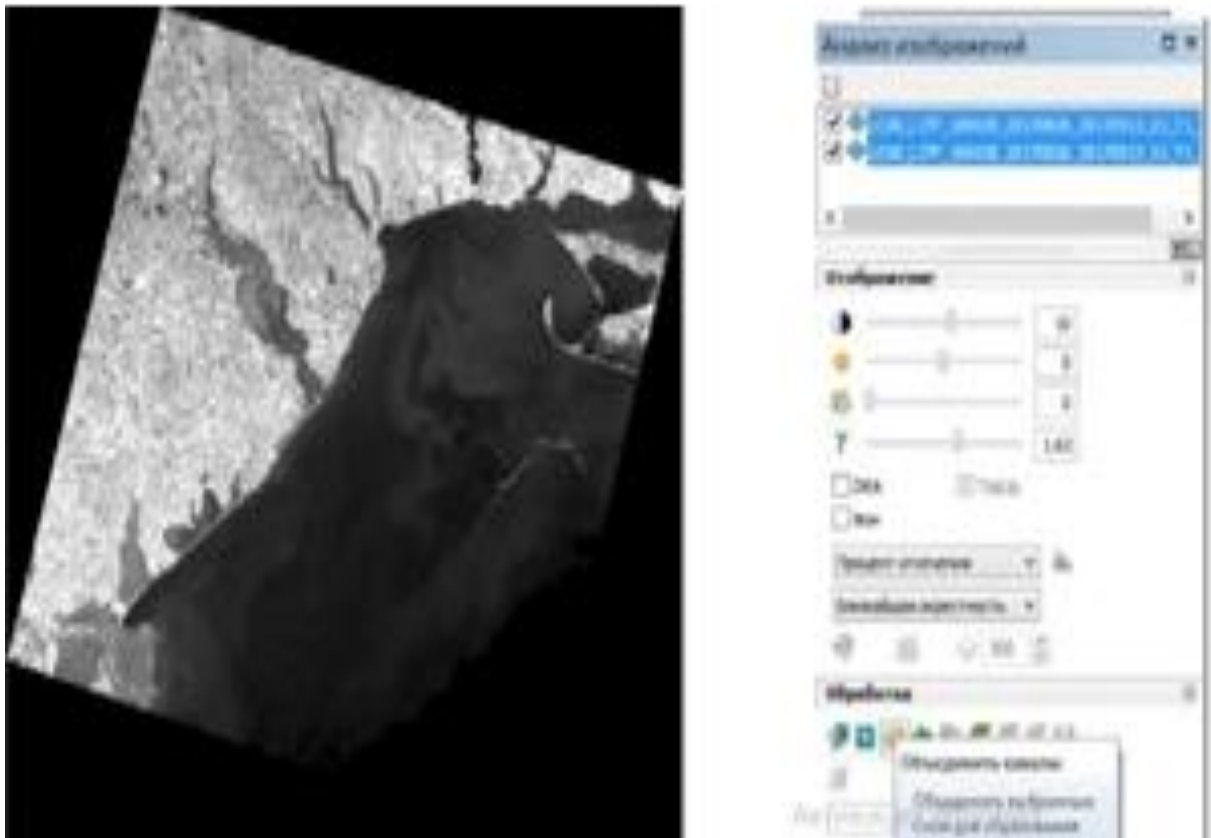


Рис. 3.5 Панель опрацювання супутникових знімків (Обробка (Processing))

Панель Обробка (Processing) в ArcGIS 10.5 дозволяє зручно і швидко виконувати типові операції з обробки зображень. Ці операції доступні одним натисканням миші, що особливо важливо при роботі з великими масивами геопросторових даних. Основні можливості панелі включають:

- Вирізання (Clip): обмеження області аналізу до необхідної частини зображення.

- Створення маски (Mask): виділення цікавих об'єктів чи виключення непотрібних зон.
- Ортотрансформація: корекція геометричних спотворень знімків, що підвищує точність геоприв'язки.
- Фільтри згортки (Convolution Filters): підсилення деталей, видалення шуму або підготовка зображення до аналізу.
- Створення мозаїки (Mosaic): об'єднання кількох зображень у єдиний файл, що полегшує подальшу роботу з даними.

Тимчасові шари

При використанні будь-якого з інструментів обробки панель додає результат у вигляді тимчасового шару, який:

- автоматично з'являється в списку шарів і таблиці вмісту;
- не створює новий файл на диску, а дозволяє працювати з даними «на льоту», зменшуючи час на обробку.

Якщо потрібно зберегти результати обробки, необхідно:

- Експортувати: створити новий файл даних;
- Зберегти шар: зафіксувати його в таблиці вмісту.

У разі закриття ArcMap без збереження тимчасові шари будуть втрачені.

Панель Вимірювання (Mensuration)

Панель Вимірювання (Mensuration) надає інструменти для геометричного аналізу зображень. Основні функції:

- Вимірювання точки, відстані, кута: визначення базових геометричних параметрів.
- Вимірювання висоти: обчислення висоти об'єктів за тінню, параметрами об'єкта чи цифровою моделлю рельєфу (ЦМР).
- Розрахунок периметра та площі: дозволяє оцінювати розміри зон на супутникових знімках.

Особливістю панелі є використання даних сенсора для підвищення точності вимірювань. Також доступна можливість працювати з реальними поверхнями (з використанням ЦМР), а не з проєкційними площинами.

На рисунках 3.5 та 3.6 ілюструються приклади функцій панелей Обробка і Вимірювання, що демонструє можливості ArcGIS 10.5 для аналізу супутникових знімків. Такий функціонал є особливо корисним у сфері моніторингу водних ресурсів, оцінки екологічних змін та інших дослідженнях, що вимагають обробки великих обсягів просторових даних.

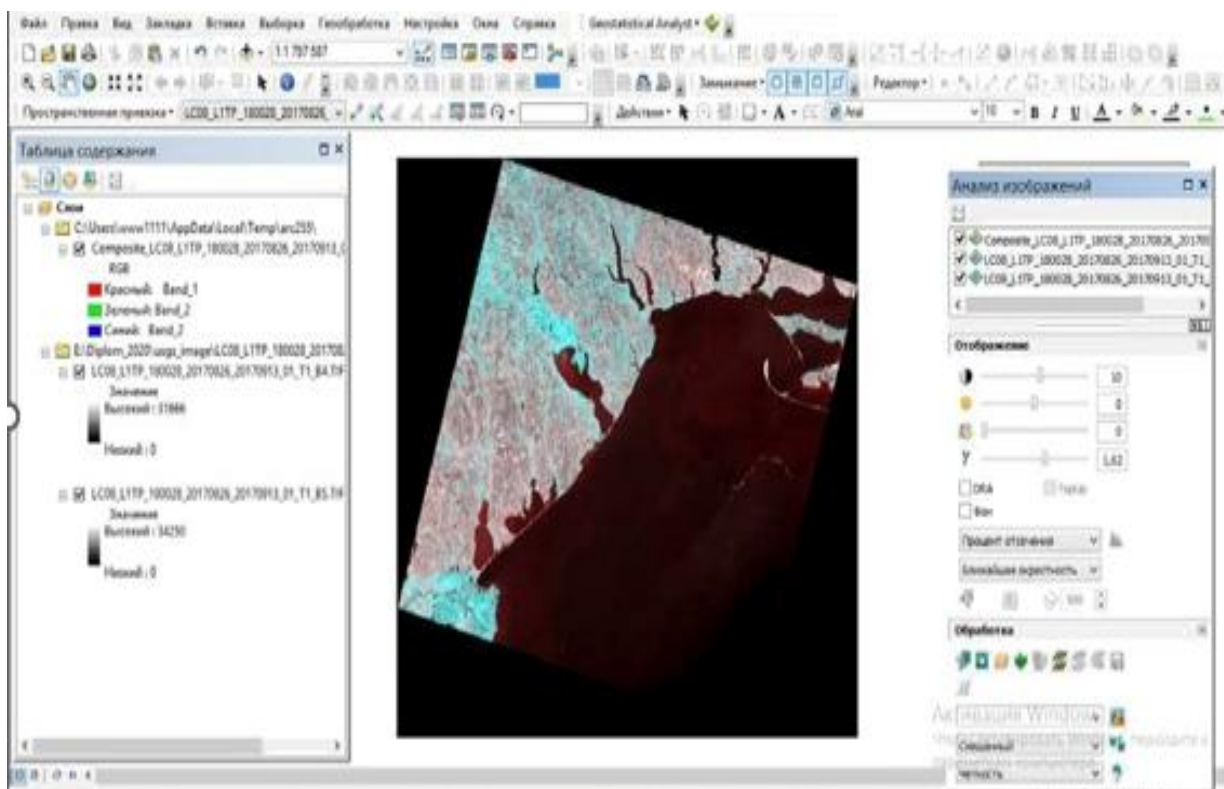


Рис. 3.6 Візуалізація та збереження результатів

На рисунках 3.5 і 3.6 (у тексті, який супроводжується аналізом) можна продемонструвати процес обробки зображень та можливості аналізу супутникових даних у ArcMap, включаючи попередній аналіз космознімків, обробку шарів і вимірювання їхніх характеристик.

Такі функції ArcGIS є потужним інструментом для дослідників та практиків, що дозволяє ефективно аналізувати супутникові дані, зокрема для моніторингу водних ресурсів, екосистем чи урбанізації.

Панель Вимірювання (Mensuration) в ArcGIS пропонує інструменти для виконання точних вимірів на растрових зображеннях або мозаїках. За допомогою цих інструментів можна вимірювати:

- **Точку** – визначення координат певних точок на зображенні.

- **Відстань** – обчислення відстані між двома точками.
- **Кут** – вимірювання кута між лініями або точками.
- **Висоту** – визначення висоти об'єкта, використовуючи його тінь, параметри самого об'єкта або порівнюючи дві точки.
- **Периметр і площу** – розрахунок периметра та площі об'єктів на зображенні.

Для точного вимірювання висоти можна застосовувати Цифрову Модель Рельєфу (ЦМР), яка дозволяє оцінювати висоту на основі реальної поверхні землі, а не на проєкційних моделях. Це гарантує більшу точність, особливо при роботі з ландшафтними чи топографічними даними.

4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Збереження природного середовища, раціональне використання природних ресурсів та збереження екологічної безпеки людини є найважливішими завданнями, головним ланцюгом економічної і соціальної політики будь-якої держави.

Нинішня екологічна ситуація в Україні може бути охарактеризована як глибока всебічна еколого - економічна криза, що виникла не лише внаслідок хижацької імперської політики щодо України, а й значною мірою зумовлена еколого-правовим ігноруванням вимог природоохоронного господарства.

Безперечно, суспільні економічні відносини як інтегрований об'єкт правового регулювання, здійснюваного засобами законодавства, почали формуватися недавно і нині набрали достатнього ступеня зрілості. Про це свідчать прийняті в Україні за останні роки законодавчі акти, якими в повній мірі регульовані правовідносини, пов'язані з охороною довкілля, рослинного та тваринного світу, водних об'єктів, здоров'я населення від шкідливих наслідків промислового та сільськогосподарського виробництва.

Основоположні законодавчі нормативні акти, прийняті Верховною Радою України, Президентом України та Кабінетом міністрів України, міністерствами та відомствами з питань охорони довкілля.

Постанови Верховної Ради України:

✓ «Про екологічну обстановку в республіці та заходи по її докорінному поліпшенню» від 17.02.1990 р.;

✓ «Про земельну реформу» від 18.12.1990 р.;

✓ Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р.;

✓ Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 18.10.1992 р.;

✓ Закон України «Про тваринний світ» від 16.03 1993 р.;

✓ Закон України «Про екологічну експертизу» від 09.02.1995 р.;

✓ Закон України «Про пестициди та агрохімікати» від 02.03.1995 р.;

✓ Кодекси України: Лісовий кодекс України від 21.01 1994 р.; Кодекс України про Надра від 27.07.1994 р.; Земельний кодекс України від 13.03.1992 р.;

Повітряний кодекс України від 04.05.1993 р.

До земельних ресурсів відносяться орні землі, землі пасовищ та багаторічних насаджень. З метою охорони земельних ресурсів на підприємствах розроблені правила і заходи, яких необхідно дотримуватись і які строго контролюються. Вони розроблені на основі загальноприйнятих в Україні і які розроблені з врахуванням особливостей місцевості і ландшафту.

Серед основних правил охорони земельних ресурсів є такі:

- заборонено використовувати техніку, яка технічно несправна з метою запобігання розливу паливо-мастильних матеріалів;
- заборонено робити переїзди по сільськогосподарських угіддях тракторів та автомобілів поза технологічним процесом, в зв'язку з тим, що такі заходи сприяють погіршенню структури ґрунту та зниження врожайності;
- зберігати мінеральні добрива та інші хімічні речовини, в спеціально відведених місцях, не допускати попадання їх в ґрунт, а також попадання води.

При виконанні сільськогосподарських робіт всі види обробітку ґрунту на схилах крутизною більше 1° передбачено проводити впоперек схилу. На схилах складної форми напрямок обробітку ґрунту повинен максимально наближатись до напрямку горизонтами місцевості. Такий обробіток запобігає стіканню води і змиву ґрунту на схилах крутизною до 3° та являється самостійним заходом боротьби з водною ерозією.

Вода – один із найважливіших екологічних чинників, без якого життя неможливе. Вивчаючи джерела забруднення особливу увагу треба звернути на такі:

1. тваринницькі ферми і комплекси (неправильне зберігання і розміщення гноєсховищ може призвести до забруднення водних джерел);
2. мінеральні добрива і отрутохімікати (їх необхідно використовувати, враховуючи встановлені правила і норми їх застосування, а також використовувати їх з врахуванням водоохоронних та санітарно-захисних зон, створених навколо водних об'єктів);

3. стоки з машинних дворів, майстерень, складів пального і мастил (ці стоки, попадаючи у воду, псують її смакові якості, вода стає непридатною для споживання; утворена на поверхні води плівка із мастил і нафтопродуктів погіршує газообмін, надходження у воду кисню, а попадаючи на рослини погіршує їх фізіологічні функції, може призводити до відмирання).

Основу фінансування природоохоронних програм на місцевому рівні складають кошти фондів охорони навколишнього природного середовища. Відбувається розпорошення коштів між чисельними, малими за розмірами фондами, і не дозволяє фінансувати практичні заходи по ліквідації та зменшенню забруднених територій. В умовах дефіциту фінансових можливостей країни це не може бути виправданим. Як показує проведений науковцями аналіз фондів охорони навколишнього природного середовища, кошти використовуються нераціонально. Незважаючи на обмеженість коштів на природоохоронну діяльність, має місце значний залишок невикористаних коштів на кінець року. Причому це стосується як місцевих, так і Державного фондів охорони навколишнього природного середовища.

ВИСНОВОК

Сучасні супутникові дані є надзвичайно важливими для дослідження та моніторингу земної поверхні. Супутниковий моніторинг дозволяє отримувати дані, що знаходяться у відкритому доступі, і використовувати їх для різноманітних дослідницьких цілей.

Запаси поверхневих вод в Закарпатській області нерівномірно розподіляються. Більше 80% потреб у питній воді Закарпатської області забезпечується за рахунок поверхневих джерел. Тому якість води у водних об'єктах є важливим фактором для підтримки санітарного та епідеміологічного благополуччя населення. В Закарпатській області створено кілька серій оперативних тематичних карт, що використовують нормалізовані диференційні індекси в ArcGIS. Це допомагає в прийнятті рішень щодо моніторингу водних ресурсів області.

NDTI (Normalized Differential Turbidity Index) був розроблений для оцінки прозорості води в ставках і внутрішніх водах за допомогою дистанційного зондування. NDWI (Normalized Difference Water Index) є найкращим індексом для картографування водних об'єктів і визначення вмісту води в рослинах. NDPI (Normalized Difference Pond Index) використовують для виявлення малих ставків на зображеннях з високою роздільною здатністю, а також для відрізнення рослинності, що росте у воді. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) використовують для виявлення «цвітіння» води.

Враховуючи аналіз основних гідрологічних та морфометричних характеристик для горбисто-рівнинних і рівнинних ділянок русла річки, для гідрологічного моделювання затоплених територій рекомендується використовувати одновимірну фізичну модель. На основі проведених досліджень щодо параметризації моделі, пропонується адаптувати автоматизований модуль HEC-RAS в рамках системи ArcGIS для моделювання складних за гідрологічними та морфометричними характеристиками ділянок русла річки Тиса та Латориця.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабійчук С.М., Томченко О.В. Спеціалізовані курси з основ ДЗЗ для освітян 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 / В. М. Боголюбов , М. О. Клименко, В. Б. Мокін – Вінниця.: ВНТУ, 2010. – 232 с.
4. Бондалєтов К. О. Мобільна аналітична комп'ютерна система для оперативного моніторингу стану атмосферного повітря міста / К. О. Бондалєтов 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. Геоінформаційні системи 2012 [Режим доступу: <http://www.gisinfo.ru>]
7. Гудзевич Л.С. Перспектива втілення екосистемного підходу в умовах міського середовища / Л.С. Гудзевич // Збірник наукових праць ВНАУ. – №9 (49), 2011. – С. 171-179.
8. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. / Джигирей В. С. – К.: Знання, 2006. – 319 с.
9. 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.
10. 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>.
 11. Дудник С.В. Моніторинг екологічної ситуації на водних об'єктах / С.В. Дудник, Ю.А. Глебова // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009.– 30 с.
 12. Дука А. П. Теорія та практика інвестиційної діяльності. Інвестування / А. П. Дука. – К. Каравелла, 2007. – 424 с.
 13. Злобін Ю. А. Основи екології / Злобін Ю. А. – К.: Лібра, 1998. – 218 с.
 14. Ковальчук І. Екологічний моніторинг регіону: експертна оцінка стану і функціонування : науково–навчальне видання / [за заг. ред. І. Ковальчука]. – Львів.: Опілля, 2009. – 607 с.
 15. Корпало С.В. Моніторинг та аналіз гідрохімічних показників річки Південний Буг у межах Вінницької області/ С.В. Корпало// Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – 2008. – №35. – С. 24– 32 с.
 16. 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>.
 17. Кукурудза С. І. Аналіз якості природних вод / С. І. Кукурудза , С. М. Турій –Львів.: Вид–во ЛДУ, 1994. – 37 с.
 18. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць. Підручник. / Кучерявий В. П. – Л. : Світ, 2005. – 456 с. 22. Тихонов В. І. Озеленення міст і селищ /

- Тихонов В. І., Петренко В. Ф., Садова В. А. – К. : Будівельник, 1990. – 208 с.
19. Лаврик В. І. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Підручник. / Лаврик В. І. – К.: Кондор, 2010. – 400 с.
 20. 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.
 21. Мокін В. Б. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. / Мокін В. Б. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 315 с.
 22. 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.
 23. 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.
 24. Петрук В. Г. Основи науково-дослідної роботи. Навчальний посібник / В. Г. Петрук, Є. Т. Володарський, В. Б. Мокін; під ред. В. Г. Петрука. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 144 с.
 25. 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

26. Поліщук В. В. Малі річки України та їх охорона / В.В. Поліщук. – Київ.: Знання, 1988. – 31 с.
27. Свояк Н.І. Екологічне інспектування. – Черкаси: Вертикаль – 2008. – 464 с.
28. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. К.: Аграр. наука, 2019. 204 с.

