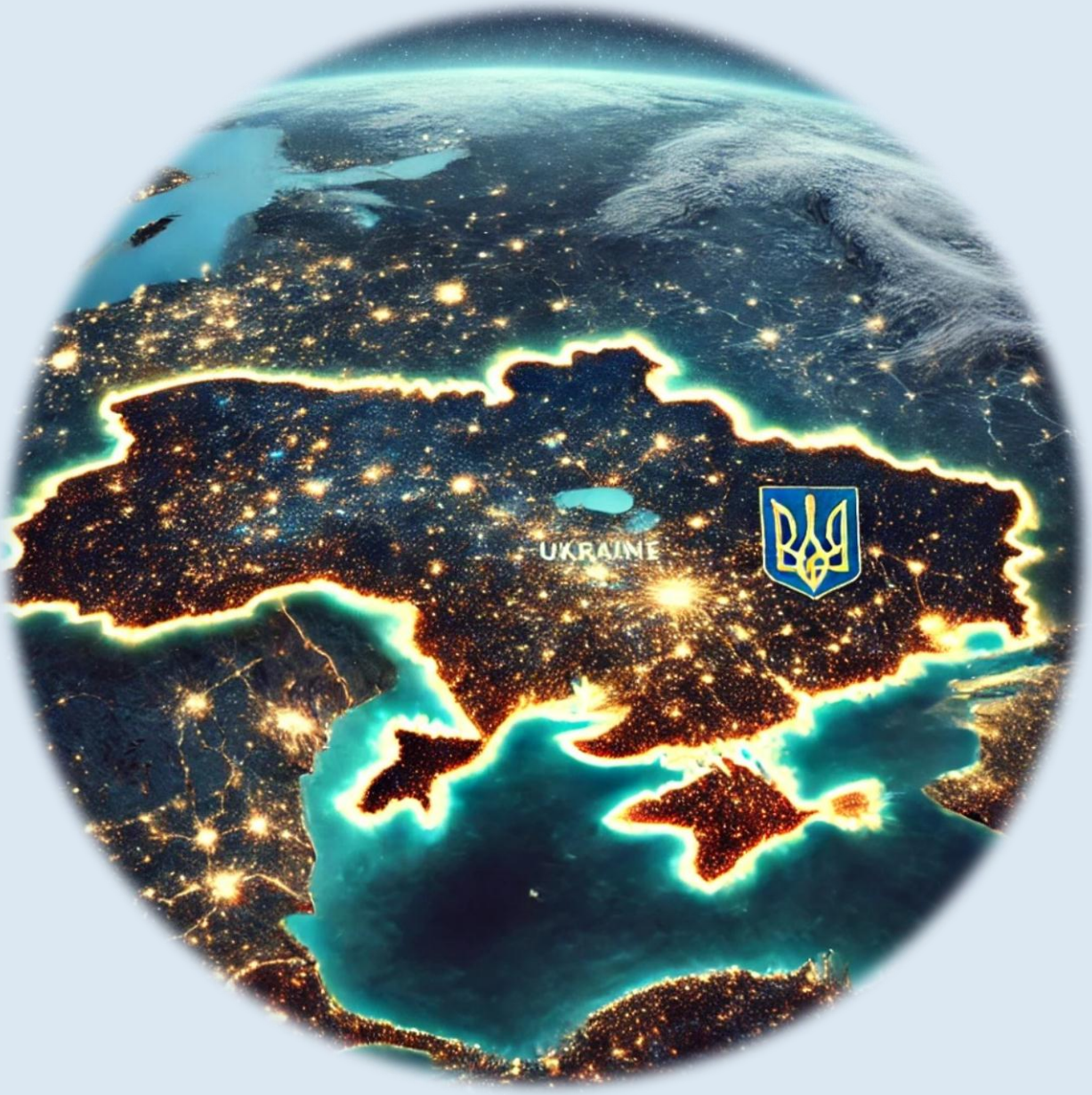
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ

ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ І ОСВІТИ

КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД «ХАРКІВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР ТУРИЗМУ, КРАЄЗНАВСТВА, СПОРТУ ТА ЕКСКУРСІЙ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ» ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ЗЕМЛІ У КРАЄЗНАВЧІЙ РОБОТІ З УЧНІВСЬКОЮ МОЛОДДЮ



ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ

ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ І ОСВІТИ

КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД «ХАРКІВСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ЦЕНТР ТУРИЗМУ, КРАЄЗНАВСТВА, СПОРТУ ТА ЕКСКУРСІЙ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ» ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ЗЕМЛІ У КРАЄЗНАВЧІЙ РОБОТІ З УЧНІВСЬКОЮ МОЛОДДЮ

Харків
2025

У даному посібнику подано теоретичні основи та авторські розробки практичних робіт з використання космічних знімків у краєзнавчій діяльності учнівської молоді. Розкрито теоретичні основи роботи з супутниковими даними, розглянуто приклади їх застосування для вивчення природних та соціально-економічних об'єктів рідного краю. Детально викладено методичні розробки виконання практичних робіт для інтеграції супутникових знімків в освітній процес, зокрема з використанням платформи Copernicus Browser. Посібник спрямований на розвиток в учнівської молоді дослідницьких навичок, критичного мислення та просторового бачення, а також на підвищення ефективності шкільної краєзнавчої роботи через впровадження сучасних цифрових технологій.

Ознайомлення з базовими функціональними можливостями Copernicus Browser дозволить педагогам та здобувачам освіти самостійно застосовувати даний портал під час різноманітних географічних, краєзнавчих, екологічних досліджень.

Даний посібник буде у нагоді керівникам гуртків туристсько-краєзнавчого та еколого-натуралістичного профілів, учителям географії, історії, інформатики, біології, науковим консультантам під час підготовки учнів до різноманітних олімпіад, шкільних конкурсів, учнівських конференцій, при виконанні науково-дослідницьких робіт МАН тощо.

Упорядник посібника: **Наталія ДОБРОВОЛЬСЬКА** – методист Комунального закладу «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради

Відповідальна за випуск: **Валентина РЕДІНА** – директорка Комунального закладу «Харківський обласний центр туризму, краєзнавства, спорту та екскурсій учнівської молоді» Харківської обласної ради

ЗМІСТ

Вступ …… 4
I. Теоретичні основи роботи з супутниковими даними …….. 6
II. Використання онлайн платформи Copernicus Browser у шкільній та позашкільній краєзнавчій роботі ……..…… 9
III. Методичні розробки практичних завдань ……. 12
Практична робота 1. Знайомство з основними функціями Copernicus Browser ……. 12
Практична робота 2. Дослідження екологічних катастроф (на прикладі знищення Каховської ГЕС 6.06.2023 р.) …….. 25
Практична робота 3. Аналіз змін природних та антропогенних екосистем внаслідок бойових дій за супутниковими знімками …….. 33
Практична робота 4. Оцінка наслідків надзвичайних природних ситуацій (на прикладі світових лісових пожеж) …… 41
Практична робота 5. Дослідження вулканічної активності за космічними знімками …… 46
IV. Орієнтовний перелік тем практичних робіт з використанням космічних знімків у Copernicus Browser у науковій та освітній діяльності учнівської молоді ……. 51
V. Приклад шаблону завдання практичної роботи на тему: Дослідження танення льодовиків у горах за допомогою космічних знімків у Copernicus Browser …….. 53
Список використаних джерел ……. 54
Рекомендовані онлайн-ресурси в Інтернеті ……. 55
Додаток. Вигляд деяких типів земної поверхні в Україні на супутникових знімках для проведення дешифрування …… 56

Вступ

Сучасний світ неможливо уявити без супутникових технологій, які відкривають нові горизонти для науки, освіти та практичної діяльності. Космічні знімки, що надходять із супутників, стали не лише потужним інструментом для фахівців у галузі географії, екології чи історії, а й важливим ресурсом для краєзнавчої роботи у закладах загальної середньої та позашкільної освіти. Використання таких матеріалів в освітньо-виховному процесі дає змогу учням поглиблено вивчати рідний край, бачити його у взаємозв'язках з природним і соціальним середовищем, а також формувати просторове мислення й екологічну свідомість.

Актуальність даного методичного посібника зумовлена необхідністю модернізації краєзнавчої діяльності школярів, впровадження новітніх цифрових ресурсів та розвитку дослідницьких навичок учнів. Супутникові знімки дозволяють наочно простежити зміни в ландшафті, виявити наслідки природних і техногенних процесів, дослідити динаміку урбанізації та аграрного освоєння території. Це робить освітній процес більш інтерактивним, науково обґрунтованим і практично значущим.

До того ж, враховуючи складність або іноді й неможливість організації освітнього процесу офлайн на прифронтових територіях, безперечною перевагою роботи з цифровими технологіями є можливість повноцінного виконання запропонованих завдань у дистанційному форматі.

Мета посібника – надати вчителям та керівникам гуртків теоретичні засади та практичні рекомендації щодо використання космічних знімків у краєзнавчій діяльності учнівської молоді, сприяти підвищенню ефективності навчання та виховання дослідницької культури школярів.

У даному посібнику запропоновані розробки практичних завдань на базі ***Copernicus Browser — безкоштовної, зручної й доступної онлайн-платформи, яка дає учням і вчителям можливість працювати з реальними супутниковими знімками високої якості.***

Ця платформа дозволяє досліджувати території у різні пори року та порівнювати їхній стан у минулому й зараз, аналізувати природні й антропогенні зміни довкілля, виконувати вимірювання відстаней і площ. Інтерактивні інструменти, зокрема візуалізація даних та індекси води або рослинності, роблять роботу пізнавальною та наочною, а орієнтація на конкретну місцевість підсилює мотивацію до вивчення природи рідного краю.

Copernicus Browser органічно інтегрується у міжпредметні проєкти, сприяє розвитку дослідницьких компетентностей, критичного мислення та вмінь працювати з геоінформаційними ресурсами, що робить його цінним

інструментом сучасної краєзнавчої діяльності. Оволодіння базовими функціями ***Copernicus Browser*** також стане підґрунтям для виконання широкого кола учнівських проєктів, дослідних робіт, зокрема для участі у конкурсі Малої академії наук України, а також підготує майбутніх абітурієнтів закладів вищої освіти за спеціальностями «Науки про Землю», «Географія та регіональні студії».

Отже, **завдання посібника:**

- ознайомити з основними видами космічних знімків та принципами їх інтерпретації для подальшої освітньої діяльності;
- показати можливості супутникових даних для вивчення природних і соціально-економічних об’єктів рідного краю;
- запропонувати підходи до інтеграції супутникових знімків у шкільні краєзнавчі проєкти;
- сприяти формуванню в учнів критичного мислення, умінь аналізу та узагальнення інформації з візуальних джерел.

Практичне значення посібника полягає в можливості безпосереднього використання описаних у посібнику методів і завдань під час уроків, факультативів, гурткової роботи та проєктної діяльності. Запропоновані приклади й рекомендації допоможуть учням досліджувати місцевість як рідного краю, так і будь-якого куточка Землі на технологічно насиченому рівні.

Наукове значення посібника полягає у популяризації та адаптації наукових методів дешифрування космічних знімків в освітній діяльності, що сприяє підготовці учнів до подальших досліджень у галузях географії, екології, геоінформатики та суміжних дисциплін.

Даний посібник буде у нагоді керівникам гуртків географічного, краєзнавчого, екологічного, туристичного, геоінформаційного, історичного профілів, учителям географії, історії, інформатики, біології, науковим консультантам під час підготовки учнів до різноманітних олімпіад, шкільних конкурсів, учнівських конференції тощо, при виконанні науково-дослідницьких робіт МАН та усім, хто цікавиться сучасними технологічними методами дослідження планети Земля в цілому та рідного краю зокрема.

І. Теоретичні основи роботи з супутниковими даними

Теоретичні основи роботи з супутниковими даними включають розуміння принципів дистанційного зондування Землі, обробки супутникових знімків та їх використання для різних практичних завдань.

1. Поняття та види супутникових даних [3, 4, 6, 7, 9].

Супутникові дані – це зображення, знімки та інша інформація, отримана від штучних супутників Землі, що використовується для моніторингу природних процесів, картографування, прогнозування погоди, аналізу кліматичних змін, військової розвідки та інших завдань. Безперечні переваги таких даних – **глобальне покриття, регулярність спостережень, багатоспектральність та незалежність від географічної доступності місцевості**.

Процес отримання супутникових знімків називається ***дистанційним зондуванням Землі (ДЗЗ),*** який відбувається без прямого контакту з об'єктами дослідження, шляхом реєстрації відбитого або власного випромінювання.

Види супутникових даних:

За способом отримання:

- **Пасивні** — фіксують природне випромінювання (відбите сонячне світло, теплове випромінювання об'єктів). *Приклади:* ***Landsat, Sentinel-2, MODIS.***
- **Активні** — супутник випромінює сигнал і реєструє його відбиття. *Приклади:* ***SAR (Sentinel-1), LiDAR.***

За типом електромагнітного діапазону

- **Оптичні** – відображають світло у видимому та близькому інфрачервоному діапазонах (схожі на фотографії з літака, але зроблені з великої висоти).
- **Інфрачервоні** – теплове випромінювання.
- **Радарні (мікрохвильові)** — фіксують дані за допомогою мікрохвиль, що дозволяє «бачити» крізь хмари й працювати вночі.
- **Мультиспектральні** – включають інформацію у кількох спектральних діапазонах, вони «бачать» те, що людські очі не можуть, наприклад, стан рослин або вологість ґрунту.

За просторовою роздільною здатністю (*мінімальний розмір об'єкта, що розрізняється на знімку****).***

- **Високої** (0,3–5 м) — детальне картографування (***WorldView, Pleiades***).
- **Середньої** (10–30 м) — моніторинг землекористування (***Landsat, Sentinel-2***).
- **Низької** (250–1000 м) — глобальні та кліматичні дослідження (***MODIS, AVHRR***).

За призначенням

- **Наукові** (моніторинг довкілля, клімату).
- **Комерційні** (точне землеробство, бізнес-аналітика).
- **Військові** (розвідка, спостереження).

2. Напрями застосування супутникових знімків у наукових дослідженнях [1, 2, 8, 10].

За допомогою супутникових знімків можна розпізнати та аналізувати наступні категорії об'єктів:

Природні об'єкти:

Ліси та рослинність — визначення площі, моніторинг вирубок, відновлення після пожеж чи буревіїв (індекс NDVI).

Водні ресурси — виявлення замулення, забруднень, зміни берегової лінії (індекс NDWI).

Ґрунти, рельєф і геологічні процеси — аналіз забруднення, врожайності, зсувів, ерозії, вулканічної активності (залежно від регіону).

Пори року та сезонні явища — зміна рослинності, снігового покриву, відстеження посухи.

Соціально-економічні об'єкти:

Міські території — спостереження за розширенням забудови, транспортною інфраструктурою, індустріальними зонами.

Сільські поселення — аналіз змін у плануванні сіл, розвиток господарських угідь.

Сільське господарство — аналіз посівних площ, стану врожаю.

Об'єкти культурної спадщини — моніторинг стану історичних місць, їхнього оточення та охоронних зон.

Інфраструктура — будівництво нових доріг, мостів, енергетичних об'єктів.

Базові етапи роботи з супутниковими знімками

- Вибір території та періоду спостереження.
- Завантаження знімка з відкритого ресурсу.
- Обробка та візуалізація — зміна кольорових комбінацій, зміна знімків у часі, застосування фільтрів та індексів.
- Аналіз і дешифрування — розпізнавання об'єктів і явищ за формою, кольором, структурою.
- Інтерпретація результатів у контексті дослідження.

3. Виклики та перспективи використання космічних знімків [1, 4, 5, 7].

Виклики та обмеження у роботі з космічними знімками

- Атмосферні перешкоди (хмари, дим).
- Необхідність високих обчислювальних ресурсів.
- Потреба у спеціалізованому ПЗ.

- Вартість високоточних комерційних даних.
- Забезпечення конфіденційності та етичності використання знімків.
- Захист супутникової інфраструктури від кібератак.
- Подолання «інформаційного перевантаження» через величезні обсяги даних.

Перспективи використання космічних знімків

- **Зростання кількості супутників** — поява сузір'їв наносупутників (CubeSat), які дають щоденні знімки всієї Землі.
- **Підвищення роздільної здатності** — комерційні знімки з деталізацією 30 см і менше.
- **Розширення спектрального діапазону** — розвиток гіперспектральної зйомки для точного аналізу складу об'єктів.
- **Інтеграція з ШІ** — автоматизований аналіз великих масивів знімків у реальному часі.
- **Хмарні платформи** — обробка даних у сервісах типу ***Google Earth Engine, Sentinel Hub***.

Нові та перспективні напрями застосування космічних знімків

1. **Екологія та зміна клімату**
    - Моніторинг викидів парникових газів.
    - Виявлення деградації земель та опустелювання.
2. **Сільське господарство**
    - Точне землеробство з використанням мульти- та гіперспектральних даних.
    - Прогнозування врожайності з точністю до поля.
3. **Управління ризиками та безпекою**
    - Швидке виявлення наслідків стихійних лих.
    - Оперативний аналіз військових загроз.
4. **Міське планування**
    - Смарт-міста та управління інфраструктурою.
    - Контроль несанкціонованої забудови.
5. **Морський та авіаційний моніторинг**
    - Виявлення розливів нафти, нелегального вилову риби.
    - Супровід судноплавства та авіаперевезень.

Отже, використання космічних знімків в освітній та науковій діяльності є надзвичайно доцільним, оскільки вони забезпечують регулярне, масштабне та об'єктивне спостереження за процесами на Землі, дозволяють вивчати природні й антропогенні зміни у просторі та часі, а також інтегруються з сучасними ГІС та аналітичними інструментами. Це робить їх незамінним джерелом даних для екологічних, географічних, аграрних, кліматологічних та інших досліджень, сприяючи підвищенню точності, ефективності та інноваційності наукових робіт, починаючи зі шкільного рівня.

ІІ. Використання онлайн платформи *Copernicus Browser* у шкільній та позашкільній краєзнавчій роботі

Copernicus – це комплексна програма Європейського Союзу для спостереження за Землею за допомогою супутників ***Sentinel***, яка надає дані та послуги для моніторингу довкілля, оцінки кліматичних змін, реагування на надзвичайні ситуації, забезпечення безпеки та інших сфер [13].

9 квітня 2025 року Україна офіційно приєдналася до цієї програми, отримавши доступ до її компонентів та можливість використовувати ці дані для вирішення суспільних викликів.

Sentinel — це серія європейських супутникових місій з метою забезпечення безперервного потоку високоякісних, відкритих супутникових даних для моніторингу довкілля, прогнозування погоди, реагування на надзвичайні ситуації та проведення широкого кола наукових досліджень.

Історична довідка:

- **2008 р.** — старт програми Copernicus, розробка концепції Sentinel.
- **2014 р.** — запуск програми ЄС *Copernicus* з відкритим доступом до даних Sentinel. Запуск супутника Sentinel-1A (радарна зйомка).
- **2015–2020 рр.** — поетапне введення в експлуатацію Sentinel-2A/B, Sentinel-3A/B, Sentinel-5P.
- **2016 р.** — компанія *Sinergise* створила **Sentinel Hub** як хмарний сервіс для швидкої обробки великих масивів супутникових знімків.
- **2020–2023 рр.** — додавання підтримки комерційних даних, API для автоматизації, інтеграція з Google Earth Engine та іншими ГІС-платформами.

Sentinel Hub — хмарна платформа для доступу, обробки та візуалізації супутникових знімків у режимі онлайн. Платформу розробила компанія Sinergise (Словенія) для роботи з даними місій програми **Copernicus** (Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P) та інших супутників (Landsat, MODIS тощо).

Сервіс використовується як у наукових, так і у комерційних та освітніх цілях, зокрема через ***Copernicus Browser*** [12]**.**

Copernicus Browser — переглядач доступних онлайн-знімків земної поверхні середньої і низької роздільної здатності від Європейського космічного агентства Sentinel Hub, який дає змогу переглядати, аналізувати та завантажувати супутникові знімки, зокрема дані місій програми Copernicus (Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P).

Офіційна сторінка: ***https://browser.dataspace.copernicus.eu***

Copernicus Browser дозволяє у зручному онлайн-форматі досліджувати зміни довкілля, аналізувати ландшафти, водні об'єкти, міське середовище та сільськогосподарські угіддя.

У краєзнавчих дослідженнях дана платформа дає можливість працювати з реальними знімками місцевості, отриманими безпосередньо із супутників, що значно розширює можливості шкільних та гурткових досліджень. Тут можна обрати будь-яку точку на карті — своє місто, село, річку чи гори — і подивитися, як вона виглядає з висоти супутника.

1. Функціональні можливості роботи в Copernicus Browser [11]:

- ***Переглядати знімки за різні часові періоди*** — від кількох днів тому до кількох років у минуле.
- ***Спостерігати природні та антропогенні зміни*** — наприклад, як виросло місто, як змінюється природа протягом сезонів, наслідки повені або пожежі.
- ***Використовувати спеціальні фільтри*** — для виявлення додаткової інформації, яку неможливо побачити неозброєним оком: стан рослинності, наявність води, наслідки вирубок.
- ***Вимірювання*** — можна дізнатися відстані між об'єктами або площу полів, озер.

Отже, **Copernicus Browser** — це ніби «машина часу» та «зоряне око» в одному: він дозволяє мандрувати у часі й дивитися на рідний край так, як його бачать супутники з космосу.

2. Переваги використання Copernicus Browser у шкільній краєзнавчій роботі

● ***Доступність та безкоштовність***

Copernicus Browser є відкритим онлайн-інструментом, що не вимагає встановлення спеціального програмного забезпечення чи ліцензій.

Учні та вчителі можуть працювати з ним із будь-якого пристрою, підключеного до інтернету.

● ***Реальні супутникові дані високої якості***

Платформа надає доступ до знімків із супутників ***Sentinel***, що дозволяє досліджувати територію в різні пори року та має архів даних за багато років.

Можливість відстеження змін у ландшафті, розвитку інфраструктури, сезонних явищ тощо.

● ***Інтерактивні інструменти аналізу***

Вбудовані фільтри та індекси (NDVI, NDWI, індекси пожеж, забруднення тощо) дозволяють проводити просторовий аналіз.

Можливість вимірювання відстаней та площ прямо на карті.

● ***Візуалізація та порівняння даних***

Учні можуть створювати власні візуалізації, змінювати палітри кольорів, застосовувати обробку знімків.

Функція «порівняння» дає змогу бачити зміни за певний період (наприклад, до і після повені, вирубки лісу чи будівництва).

● ***Формування цифрової грамотності***

Copernicus Browser навчає орієнтуватися в цифрових картах, оперувати шарами інформації, працювати з цифровими даними, зберігати їх та аналізувати у GIS-середовищах.

● ***Актуальність у краєзнавчих дослідженнях***

Можливість знаходити та досліджувати конкретну обрану місцевість, що є важливим під час знайомства з природою та господарством рідного краю.

Використання космічних даних для шкільних проєктів, конкурсів, проведення екологічного моніторингу, відстеження стану місцевих природних та антропогенних об’єктів.

● ***Розвиток дослідницьких компетентностей***

Робота з **Copernicus Browser** сприяє формуванню в учнів навичок аналізу геопросторових даних, критичного мислення, уміння працювати з картографічними та цифровими ресурсами.

Підготовка до сучасних STEM-напрямів та участі у наукових конкурсах.

● ***Міжпредметна інтеграція***

Платформа може використовуватися на уроках географії, біології, екології, історії, інформатики.

Дає змогу поєднувати гуманітарні та природничі підходи у дослідженнях.

Таким чином, практичне використання платформи **Copernicus Browser** на уроках або у гуртковій роботі – це не просто ознайомлення з технологією, а й **ефективний інструмент для формування сучасної особистості, здатної досліджувати, аналізувати і приймати обґрунтовані рішення** в сучасних умовах інформатизації суспільства.

III. Методичні розробки практичних завдань

Практична робота 1. Знайомство з основними функціями Copernicus Browser

Мета роботи: ознайомитися з основними функціональними можливостями онлайн порталу **Copernicus Browser** на прикладі роботи з космічними знімками міста Харків та околиць.

Хід роботи:

1. Початок роботи на порталі **Copernicus Browser** починається зі створення власного акаунту. Для цього відкрийте портал **Copernicus Browser** (набрати у пошуку Google «Sentinel Hub» або «Copernicus Browser» і перейшовши за посиланням https://browser.dataspace.copernicus.eu) (рис. 1).

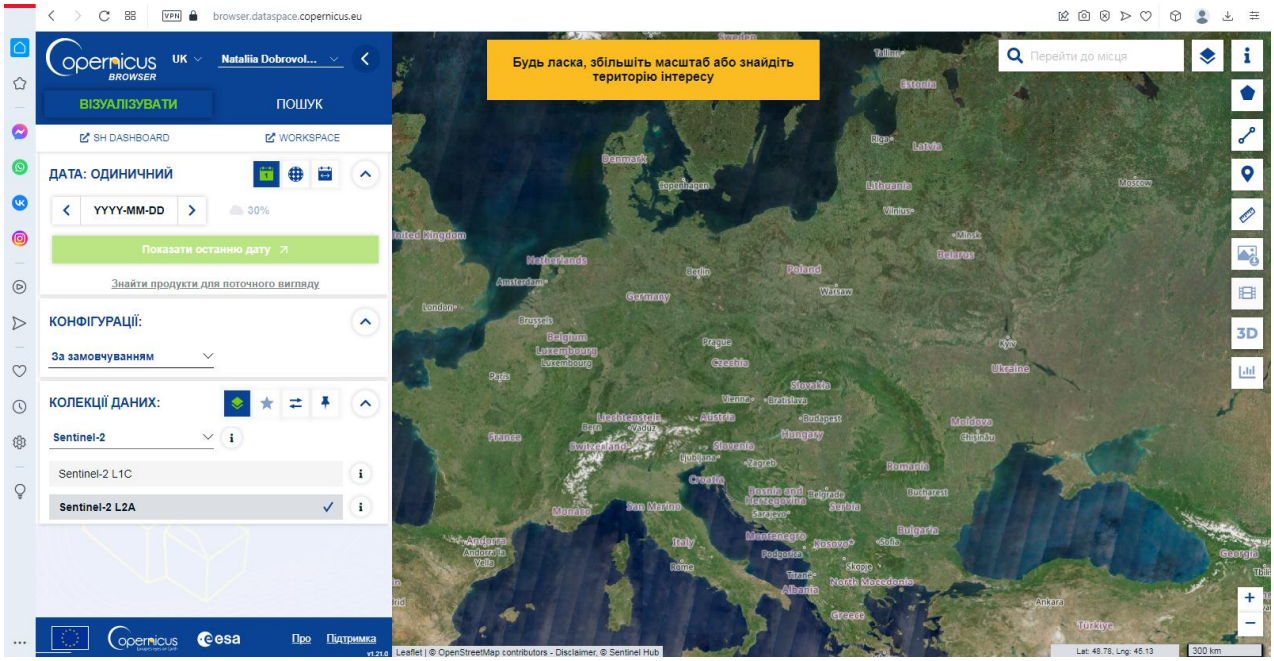


Рис. 1. – Загальний вид інтерфейсу порталу **Copernicus Browser.**

2. Під час першого заходу на сторінку **Copernicus Browser система** автоматично запропонує реєстрацію в системі або вхід для зареєстрованих користувачів за власними логіном та паролем (рис. 2).

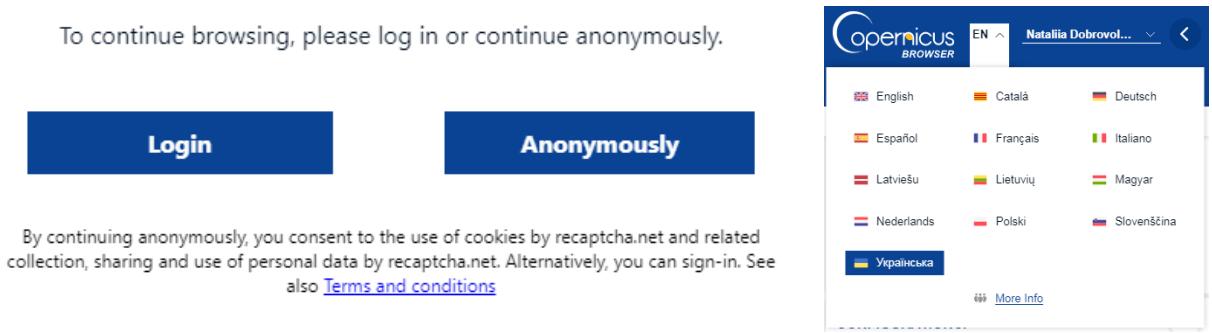


Рис. 2. – Вікна входу на онлайн платформу та вибору мови інтерфейсу **Copernicus Browser**.

Під час реєстрації заповніть всі клітинки форми і в листі, який надійде вам на електронну скриньку, підтвердіть реєстрацію на сайті. Після цього зайдіть на сайт, використовуючи свій персональний логін та пароль. Натисніть на ***Login (Увійти)*** і введіть свої дані. Оберіть у списку ***українську*** мову інтерфейсу (Рис. 2).

3. У рядку пошуку території введіть ***Харків*** (рис. 3). З випадаючого списку виберіть ***Харків, Харківська область, Україна*** та натисніть на «лупу» для наближення до населеного пункту. Переміщатися картою також можна, натискаючи й утримуючи ліву клавішу миші, протягуючи карту в той бік, який потрібно.

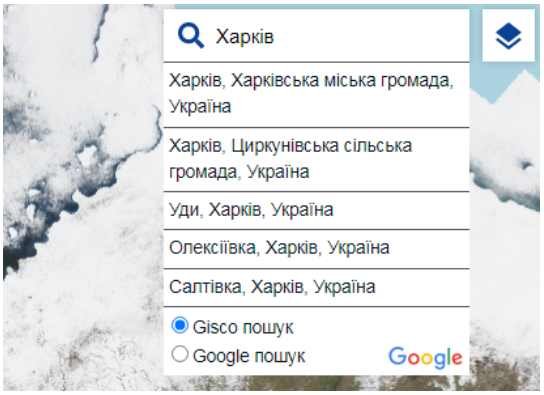


Рис. 3. – Рядок пошуку території.

4. На панелі інструментів для визначення параметрів зйомки виберіть:

• Вкладку ***«Пошук»***

• ***Data sources (Джерела даних***) – Sentinel-2 (L1C, L2A) (якщо натиснути на знак « » на вкладці «Візуалізувати», можна прочитати детальну інформацію про супутник (рис. 4.), встановити ***Максимальну Хмарність (MCI) – 10%*** (рис. 5.)***;***

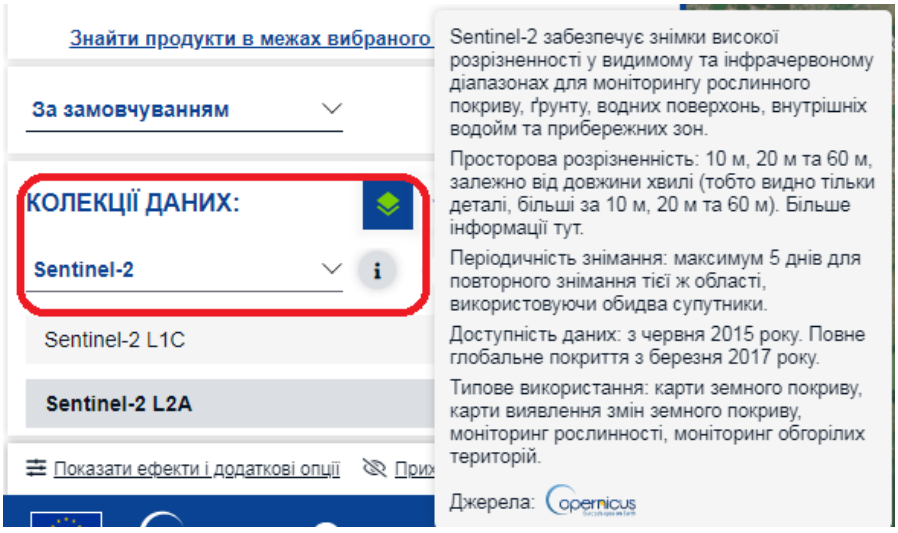


Рис. 4. – Інформація, щодо колекцій даних з різних космічних місій.

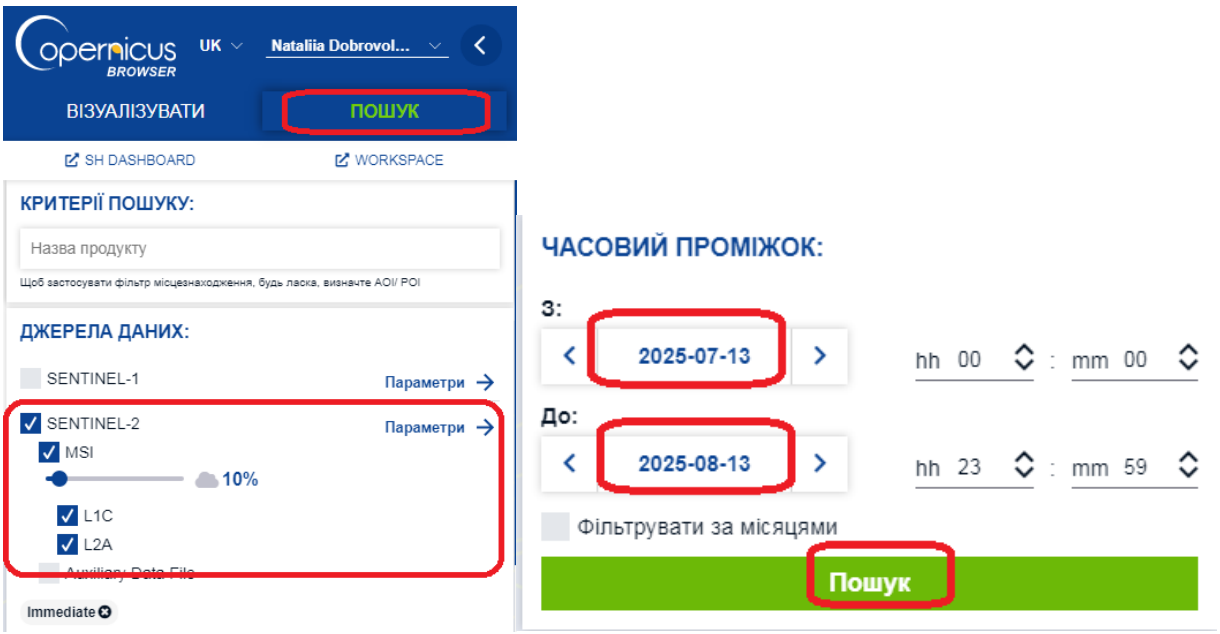


Рис. 5. – Параметри пошуку космічних знімків.

5. Прокрутивши вниз бігунок, обрати в календарі необхідний часовий проміжок спостережень. Наприклад, ***Time range (Часовий період)*** – з липня 2025 р. по серпень 2025 р. Дату потрібно вибирати в календарику, а не писати самостійно з використанням клавіатури (рис. 5.).

Натиснути ***Search (Пошук)***

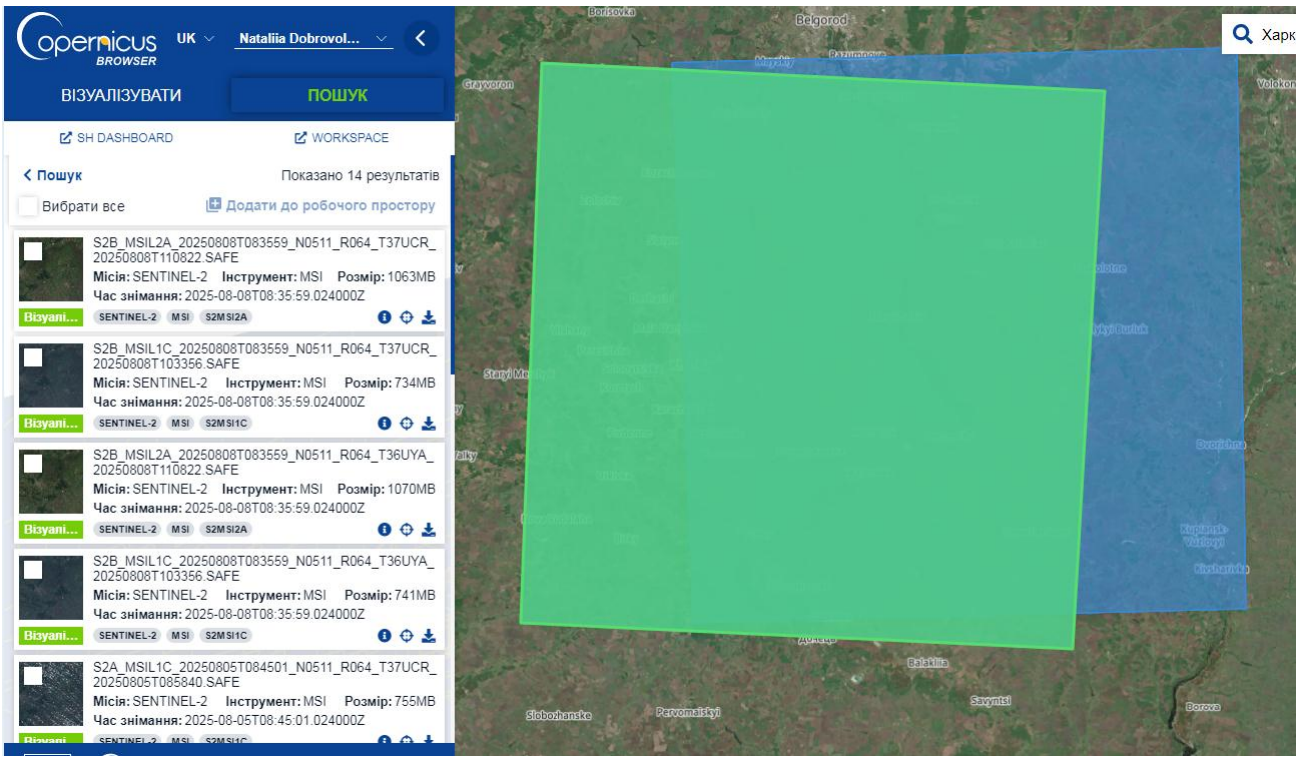


Рис. 6. – Наявні в закладці ***Пошук*** знімки за обраними критеріями.

У результаті завантажиться перелік наявних у каталозі знімків за визначеними критеріями, які можна переглянути в закладці ***Пошук*** (рис. 6.)**.** Обираючи знімок, який потрібно візуалізувати, попередньо можна побачити територію покриття (при наведенні курсору на конкретний знімок із загального списку, він підсвічується зеленим кольором). Не кожний знімок покриває потрібну частину території, тому можна спробувати візуалізувати декілька знімків та обрати найкращий. Найстарші за обраним проміжком часу знімки завжди розміщуються знизу, найсвіжіші – перші у списку.

6. Для візуалізації було обрано знімок від 29.07.2025 р. Для його відображення на екрані, потрібно у переліку знімків натиснути на зелену кнопку ***Visualize (Візуалізувати)*** (рис. 7.)

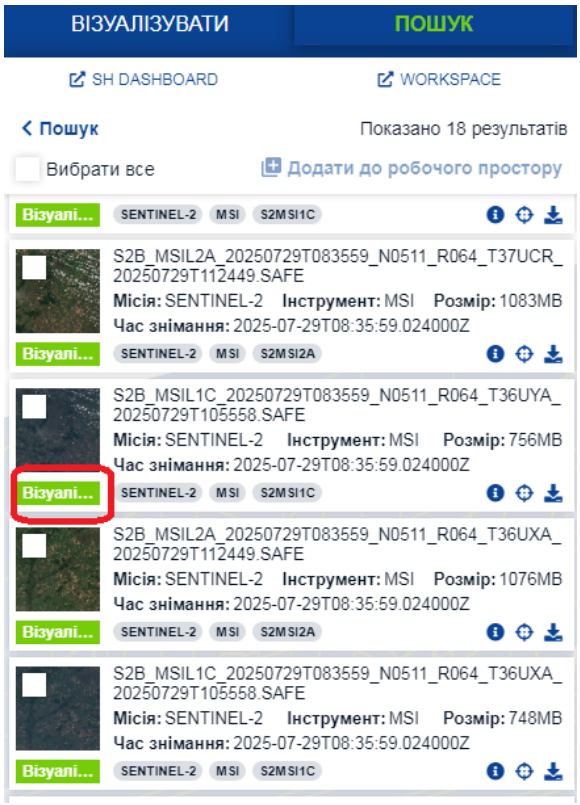


Рис. 7. – Кнопка «Візуалізувати».

Обраний знімок відобразиться у робочому вікні, а на лівій панелі відкриється меню для налаштування відображення знімка ***Visualization (Візуалізація)***. За замовчуванням знімок відображається в ***True color (Видимому діапазоні),*** тобто зображення має бути схоже на фотографію місцевості згори.

7. За допомогою колеса прокрутки миші або використовуючи у нижньому правому куті екрана, наблизьте зображення таким чином, щоб у робочому вікні одночасно була частина міста Харків з житловою забудовою (1), лісо-паркові зони (2) та водні об’єкти (3) (рис. 8.)

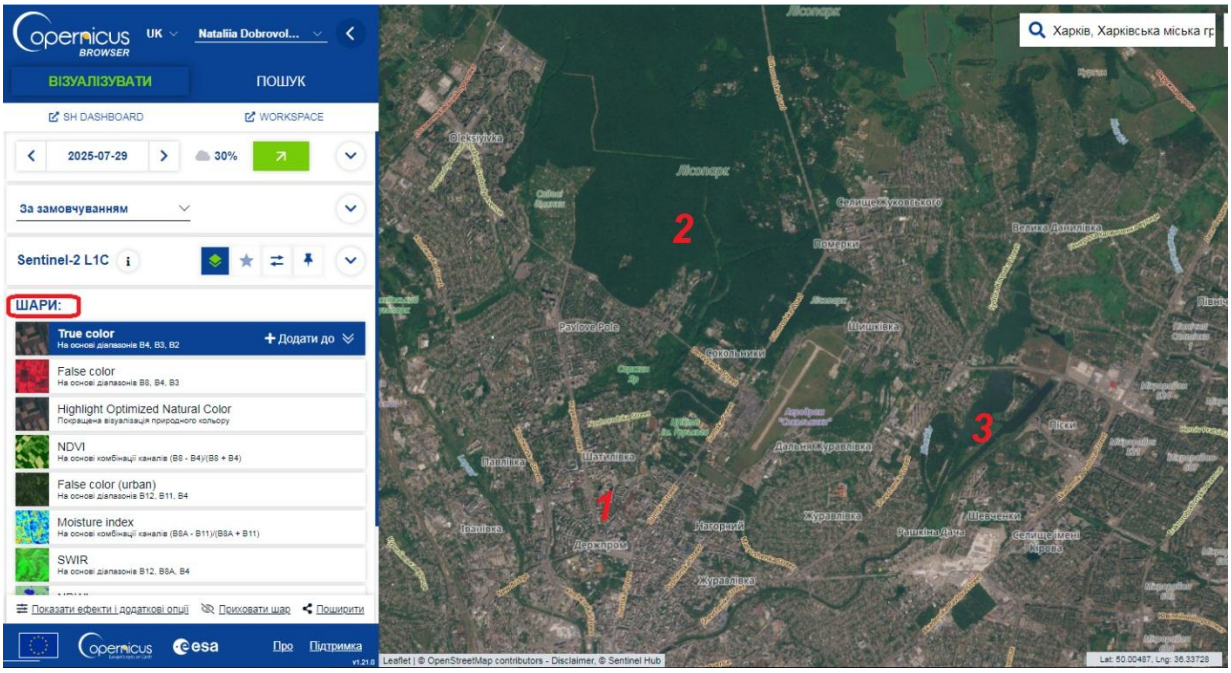


Рис. 8. – Візуалізація частини міста Харків у ***видимому*** діапазоні.

Для порівняння відображення різних типів поверхні у різних діапазонах оберіть покроково всі інші діапазони (рис. 9, 10, 11, 12). Для кожного діапазону можна розгорнути текстове пояснення щодо кращого застосування та аналізу знімків.

False color (Штучні кольори) – *композит штучних кольорів найчастіше використовується для* ***оцінки щільності та фізичного стану рослинності,*** *оскільки рослини відбивають хвилі близького інфрачервоного та зеленого діапазону, а поглинають – червоного. Міста та відкритий ґрунт відображаються сірим або коричневим кольором, а вода – блакитним або чорним.*

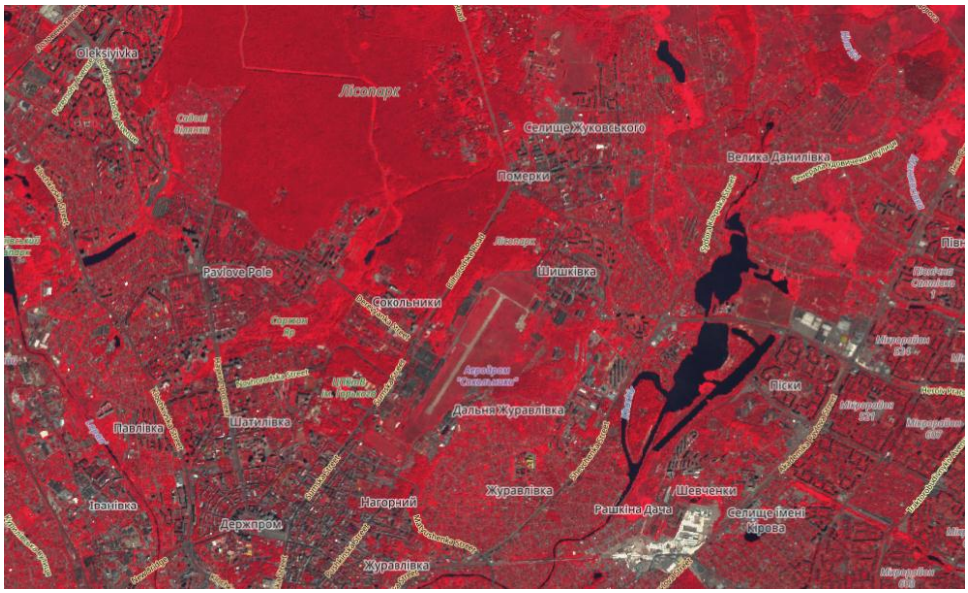


Рис. 9. – Візуалізація частини міста Харків у ***штучних*** кольорах.

NDVI (Нормалізований диференційний вегетаційний індекс) *– нормалізований диференційний вегетаційний індекс є простим, але ефективним показником для* ***кількісної оцінки зеленої біомаси.*** *Це показник* ***стану здоров'я рослинності,*** *який базується на тому, як рослини відбивають хвилі світла певної довжини.*

Рис. 10. – Візуалізація частини міста Харків в діапазоні ***NDVI***.

NDWI (Нормалізований диференційний індекс води) – *нормалізований диференційний індекс води є найбільш прийнятним індексом для картографування водних об'єктів.*

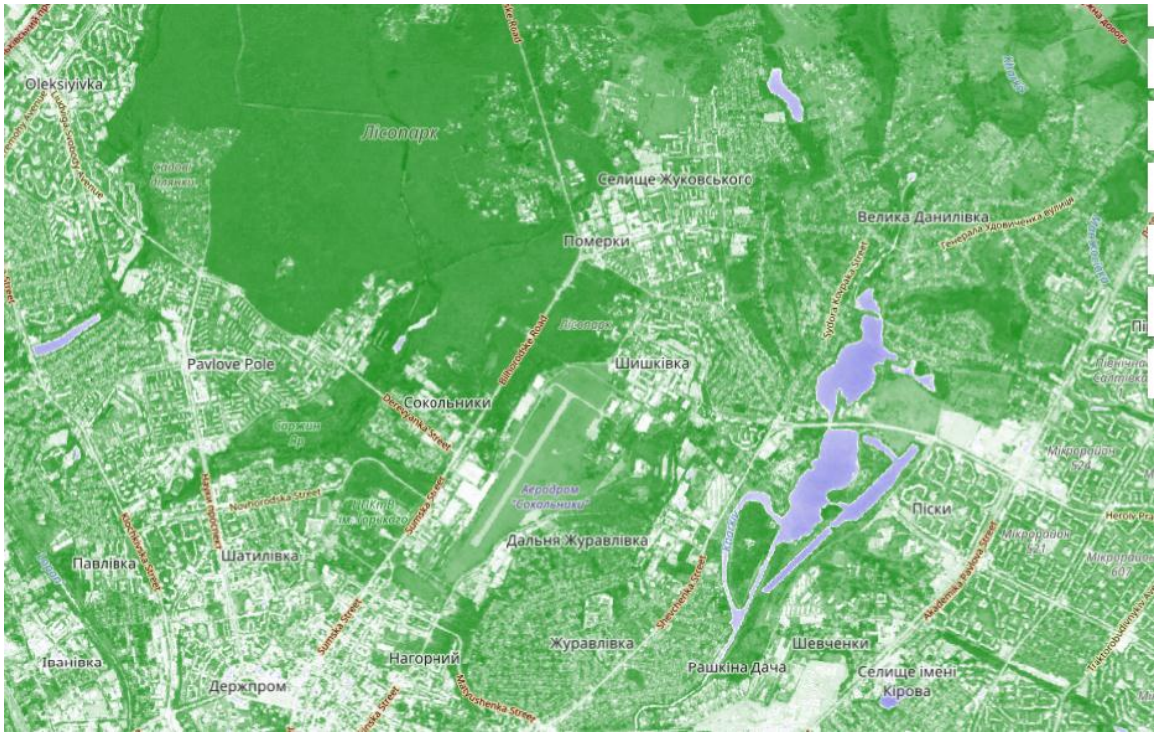


Рис. 11. – Візуалізація частини міста Харків в діапазоні ***NDWI***.

Нормалізований диференційний індекс вологості (NDMI) – *нормалізований диференційний індекс вологості (NDMI) використовується для визначення вмісту вологи в рослинності та моніторингу посухи. Діапазон значень NDMI становить від -1 до 1. Від'ємні значення NDMI (значення, що наближаються до -1) відповідають відкритому ґрунту. Значення близькі до нуля (від -0,2 до 0,4) зазвичай позначають водний стрес. Високі додатні значення відповідають високому рослинному покрову, що не зазнає водного стресу (приблизно від 0,4 до 1).*

В діапазоні NDMI гарно видно території з найнижчою вологістю – це переважно луки та сільськогосподарські угіддя за межами міста

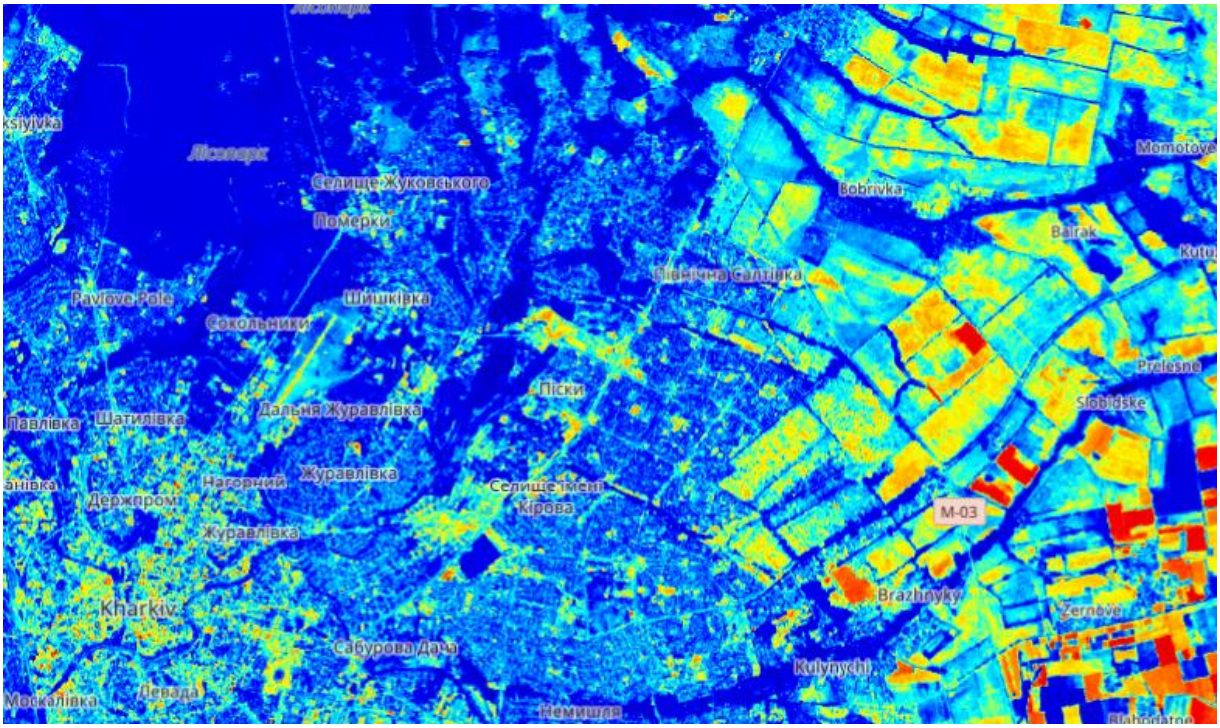


Рис. 12. – Візуалізація частини міста Харків з околицями в діапазоні **NDMI**.

8. Для того, щоб мати швидкий доступ до обраного знімка, а не шукати його знову в переліку, потрібно натиснути на значок ***Pin to your items (Додати до закладок)*** на панелі інструментів з лівої частини екрана, і він з’явиться в переліку ваших улюблених знімків у вкладці ***Pins (Закладки)***

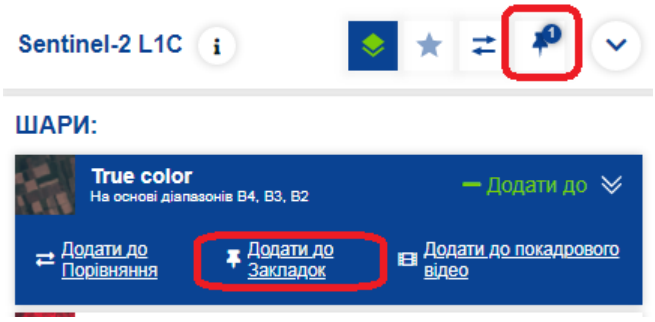


Рис. 13. – Додавання знімку в ***Закладки***.

9. Поверніться до вкладки ***Пошук*** та змініть параметри хмарності до 50 %. Оберіть один із запропонованих знімків, на якому значна частина території перекривається хмарами. Подивіться, як хмарність заважає розпізнанню об’єктів поверхні у різних діапазонах спектрах. Окрему увагу приділіть зображенню хмар в інших діапазонах (рис. 14)**.**

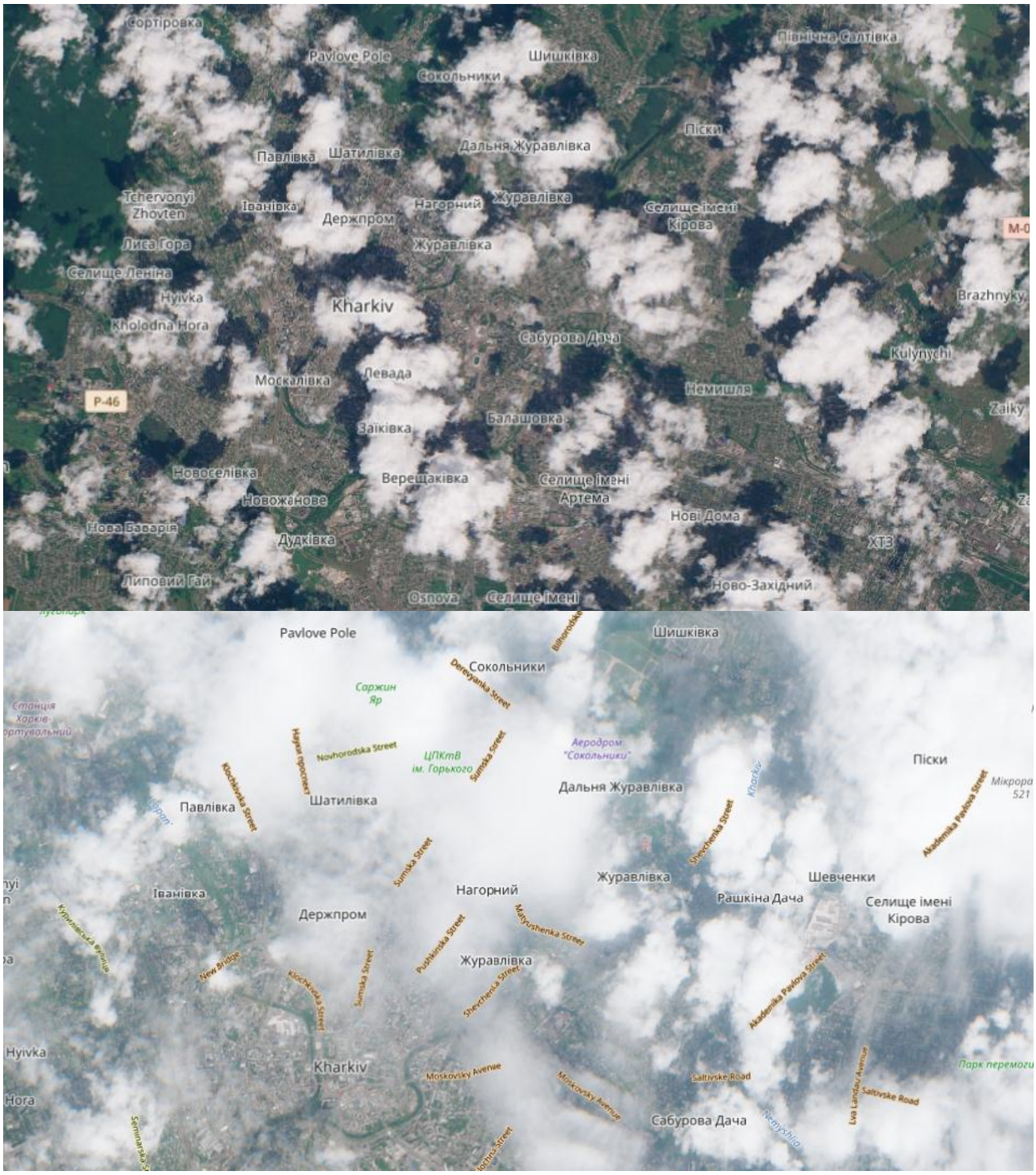


Рис. 14. – Візуалізація міста Харків з околицями з помірною та значною хмарністю.

На підставі проведеної роботи пропонується заповнити узагальнюючу таблицю «*Кольори відображення різних типів об'єктів земної поверхні у спектральних діапазонах*»

діапазони	Міська забудова	Рослинність	Водні об'єкти	Хмари
True color				
False color				
NDVI				
NDWI				
…				

10. Поверніться до загального пошуку космічних знімків і введіть наступні параметри:

• ***Data sources (Джерела даних***) – Sentinel-2 (L1C)

• ***Max. cloud coverage (Хмарність) – 10%;***

• ***Time range (Часовий період)*** – з 01 березня 2025 р. по 10 березня 2025 р.

Візіалізуйте один зі знайдених знімків. В даному випадку у ***True color (Видимому діапазоні)*** одразу можна побачити відображення іншого сезону через відсутність зеленої рослинності (рис. 15). Зміни у відображенні так само можна побачити і в інших діапазонах. На цьому ж знімку гарно видно невелику хмарність.

Рис. 15. – Візуалізація міста Харків з околицями у весняний період.

11. В часовому періоді введіть діапазон дат з 10.02.2025 до 01.03.2025 р. Візуалізуйте знімок від 24.02.2025 р. або інший, на якому видно значну кількість снігового покриву (рис. 16). Порівняйте відображення засніженої поверхні у різних діапазонах.

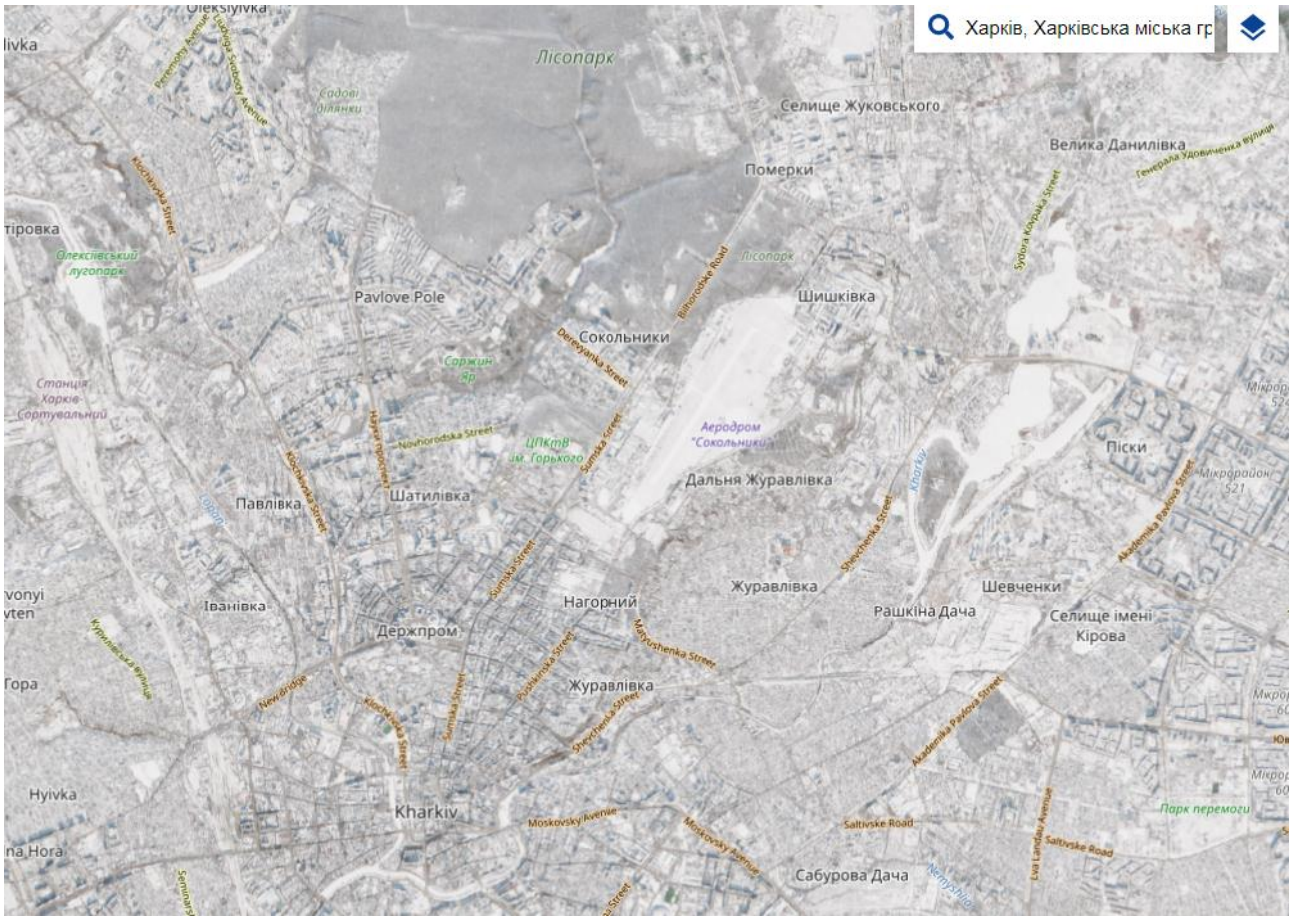


Рис. 16. – Візуалізація частини міста Харків з околицями в діапазоні **NDMI**.

Зверніть увагу на ***False color (urban) –*** *к*омпозит штучних кольорів – урбанізований, у якому надзвичайно яскраво відобрається сніговий покрив та крига – у темно-синіх кольорах та відтінках.

Передивіться знімок в діапазоні ***NDSI (Нормалізований диференційний індекс снігу).*** Цей діапазон зручно використовувати для розрізнення хмарного та снігового покриву, оскільки сніг поглинає короткохвильове інфрачервоне випромінювання, але відбиває видиме світло, тоді як хмари зазвичай відбивають обидві довжини хвиль. Сніговий покрив відображається яскраво-синім кольором (рис. 17).

Обов’язково перегляньте знімок зі сніговим покривом в діапазоні ***NDMI (Нормалізований диференційний індекс вологості)*** (рис. 18) та порівняйте його з рисунком 12.

Зробіть висновок щодо найбільших відмінностей відображення поверхні землі у зимовому та літньому сезонах у різних спектральних діапазонах.

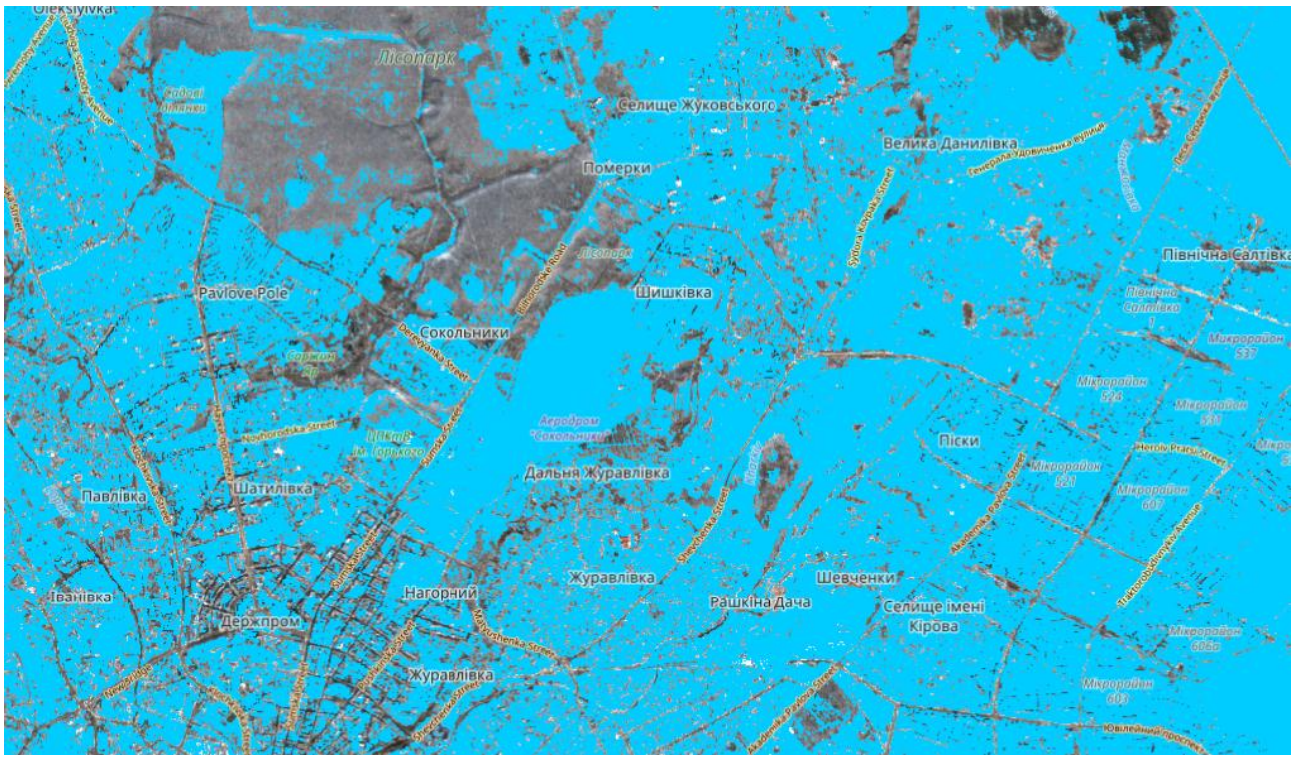


Рис. 17. – Візуалізація міста Харків в діапазоні **NDSI**.

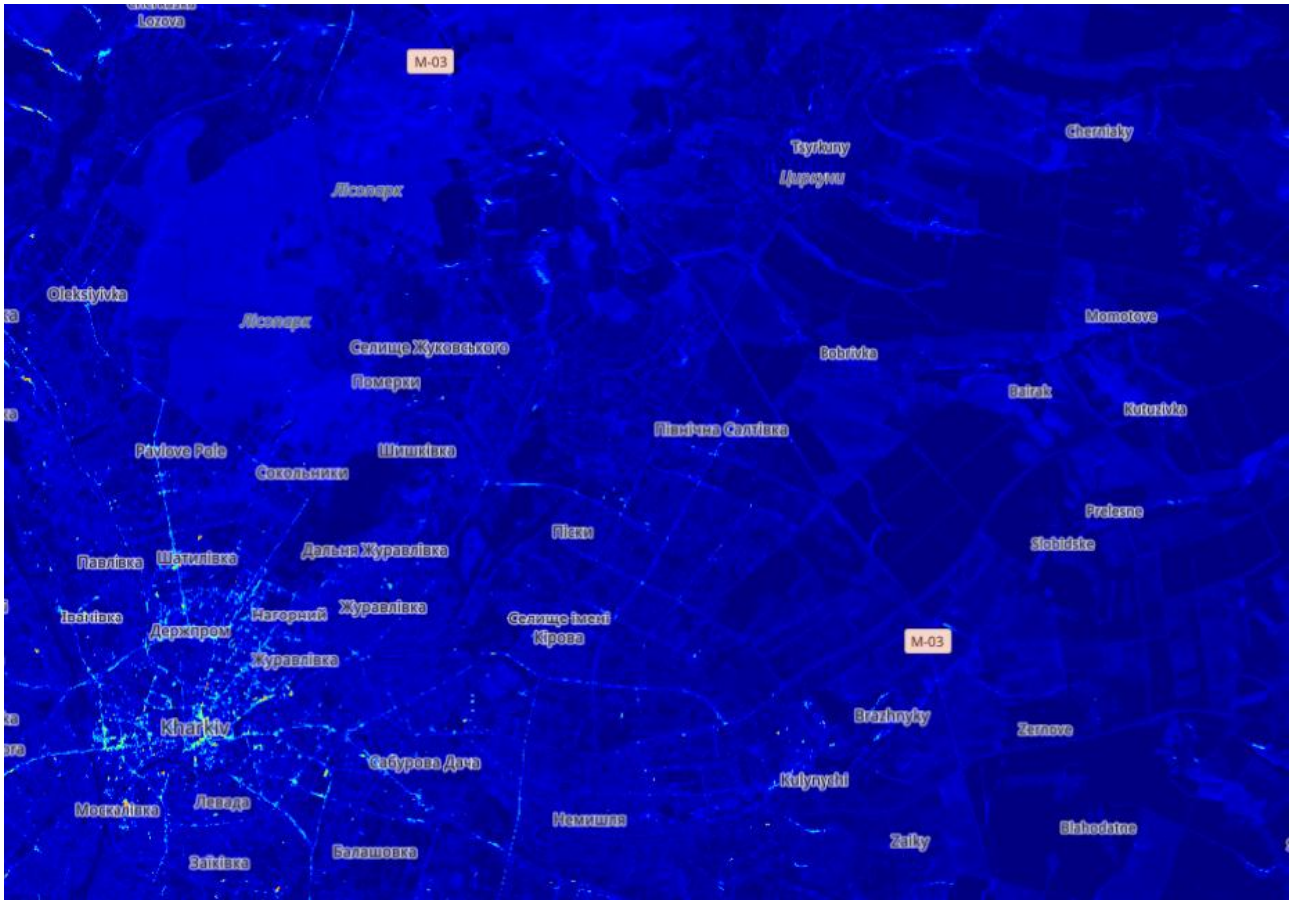


Рис. 18. – Візуалізація міста Харків з околицями в діапазоні **NDMI**.

12. Два знімки однієї місцевості у різні проміжки часу або у різних діапазонах можна порівняти. Для цього необхідно обрані знімки додати до закладок, а в закладках натиснути на позначку ***додати до порівняння*** (рис. 19).

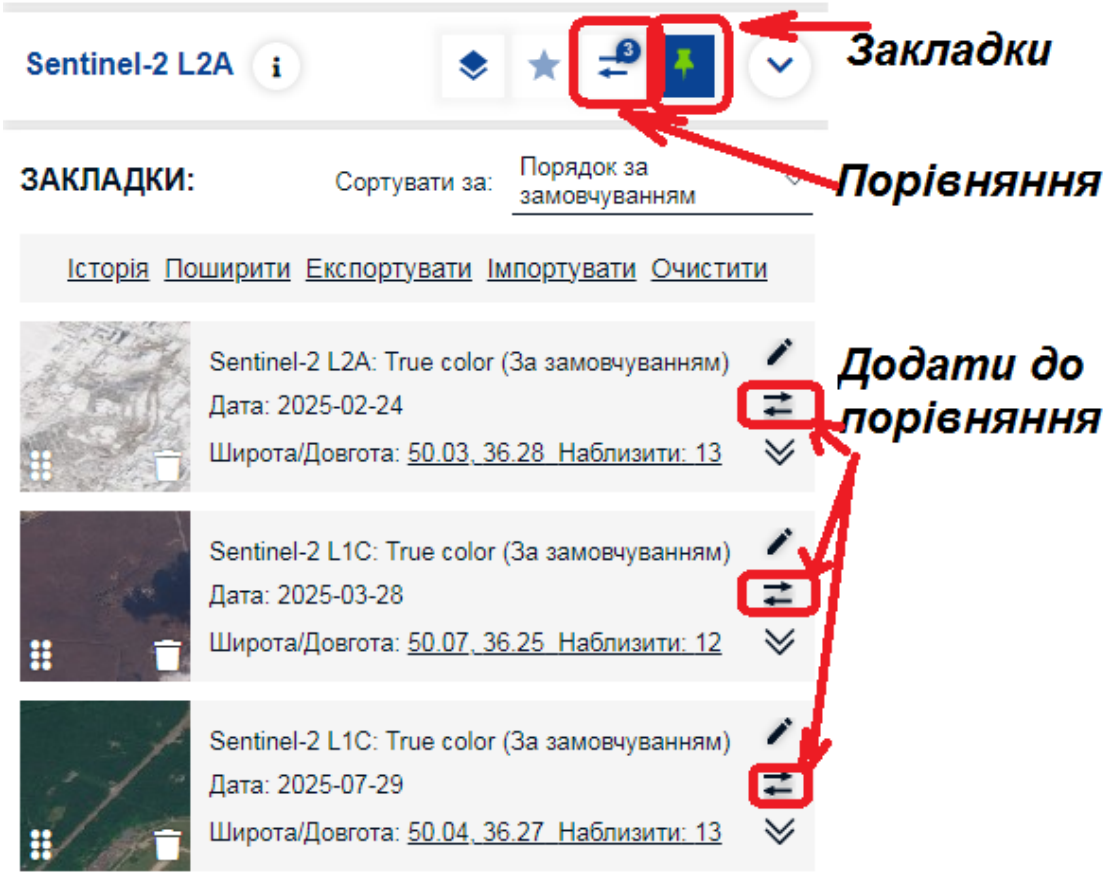


Рис. 19. – Знімки однієї території, але у різні сезони, додані в закладки.

Після додавання двох або більше знімків до порівняння, потрібно зайти до вкладки ***Порівняти***, після чого встановити позначку «розділення позиції» для одночасного відображення на екрані обраних знімків. На прикладі порівнюються два знімки міста Харків з околицями від 24.02.2025 р., 28.03.2025 р. та 29.07.2025 р., на яких чітко видно сезонні зміни на одній і тій самій поверхні (рис. 20).

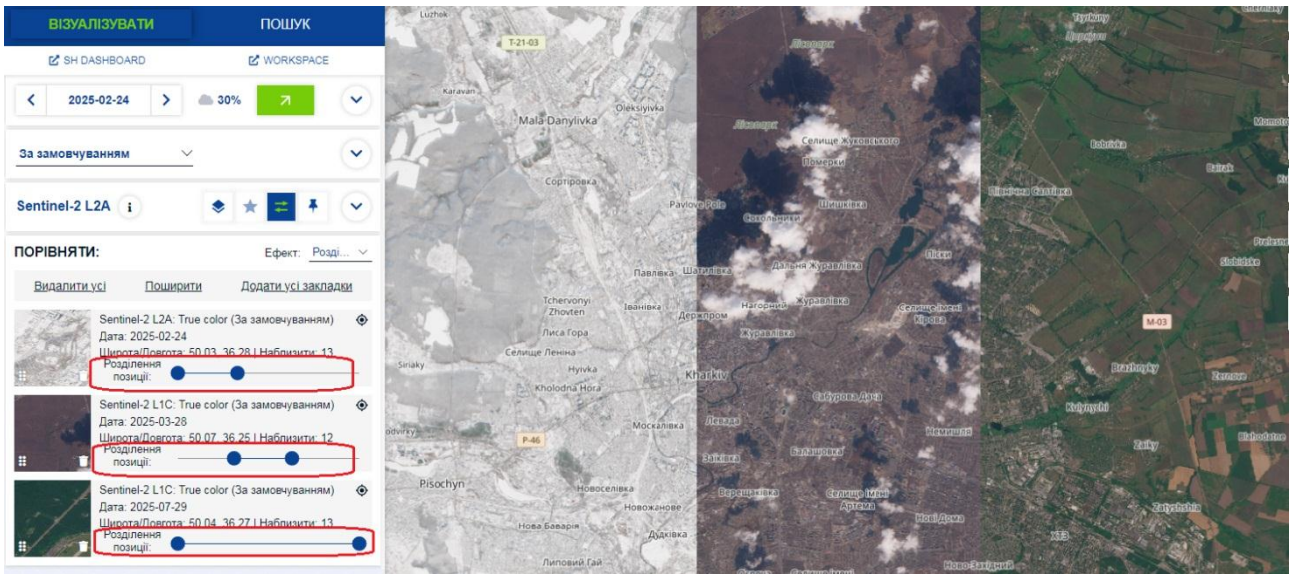


Рис. 20. – Порівняння космічних знімків території міста Харків, зроблених у різні сезони.

13. Зберегти будь-який потрібний знімок можна за допомогою кнопки ***Завантажити*** зображення, що розташована праворуч на панелі інструментів, і ***Завантажити*** у вкладці ***Основні*** (рис. 21). У результаті завантажиться знімок як зображення тієї частини знімка, яка відображається на вашому екрані. Завантажені знімки можна використовувати далі у презентаційних матеріалах або як фінальний результат проведених практичних робіт.

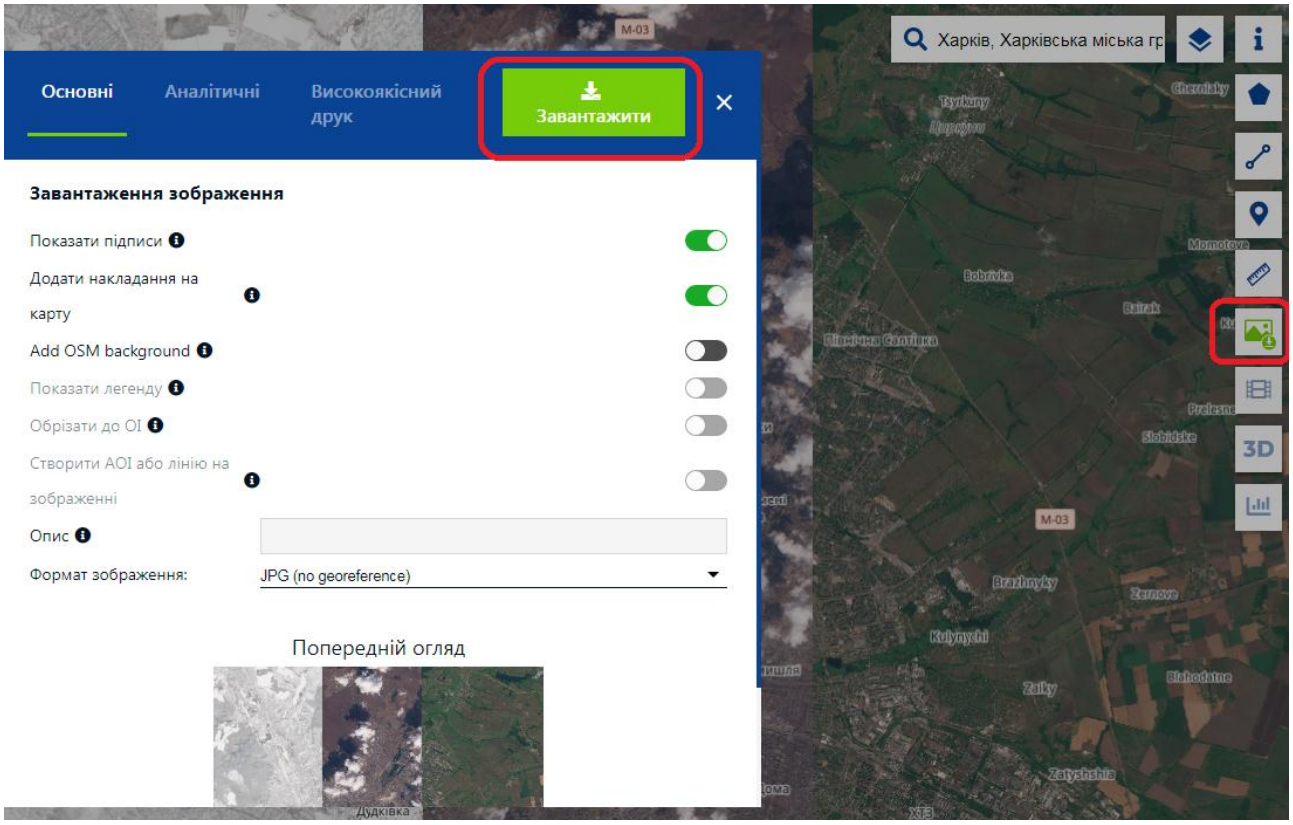


Рис. 21. – Завантаження необхідних знімків на власний пристій.

Практична робота 2. Дослідження екологічних катастроф (на прикладі знищення Каховської ГЕС 6.06.2023 р.)

Мета роботи: На прикладі руйнування Каховської ГЕС сформувати розуміння масштабів впливу техногенної аварії на довкілля, економіку та життя людей. Навчитися визначати зміни природних і антропогенних об'єктів за супутниковими даними до і після події.

Опис ситуації. *Знищення греблі Каховської гідроелектростанції (Каховська катастрофа) — воєнний злочин та акт екоциду, здійснений арміею росії о 2:50 6 червня 2023 року під час російського вторгнення до України. Як результат у зоні лиха опинилося понад 16 тис. людей та 80 населених пунктів. Руйнування греблі призвело до значних людських жертв та масштабної екологічної катастрофи.*

Внаслідок осушення та фрагментації Каховського водосховища сталася катастрофічна загибель багатьох водних рослин і тварин. Загалом постраждали популяції понад 70 видів риб, серед яких 18 є червонокнижними. Дослідження науковців виявило фрагментацію Каховського водосховища на 5-8 великих водойм, об'єднаних течією старого русла Дніпра, 15-20 середніх та великих водойм, що втратили прямий зв'язок із Дніпром, й декілька сотень середніх і малих відокремлених водойм.

Завдання. Проаналізувати зміни конфігурації Каховського водосховища та річки Дніпро внаслідок знищення Каховської греблі. Визначити ширину розливу води з водосховища.

Хід роботи:

1. Відкрийте портал **Copernicus Browser** за посиланням **https://browser.dataspace.copernicus.eu**

2. Оберіть українську мову (за потреби)

3. У рядку пошуку території введіть Каховське водосховище і натисніть на «лупу» для наближення до потрібного об'єкту (рис. 22). Після цього самостійно, гортаючи карту, обрати найкраще заповнення позначеного фрагменту зображення на власному моніторі – від ГЕС до Запоріжжя (рис. 23).

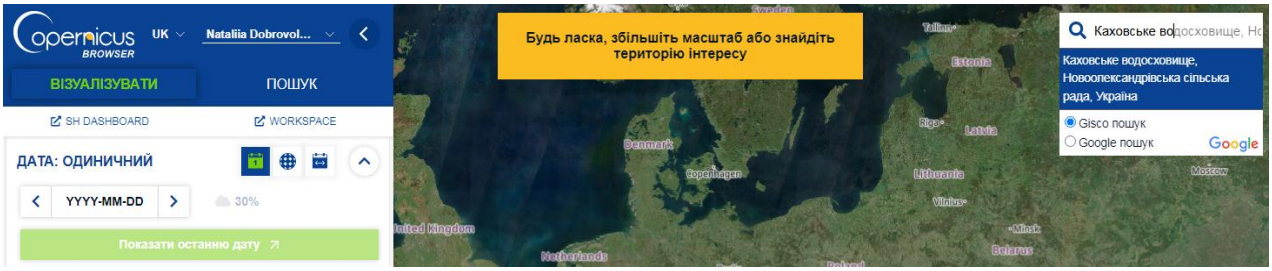


Рис. 22. – Рядок пошуку.

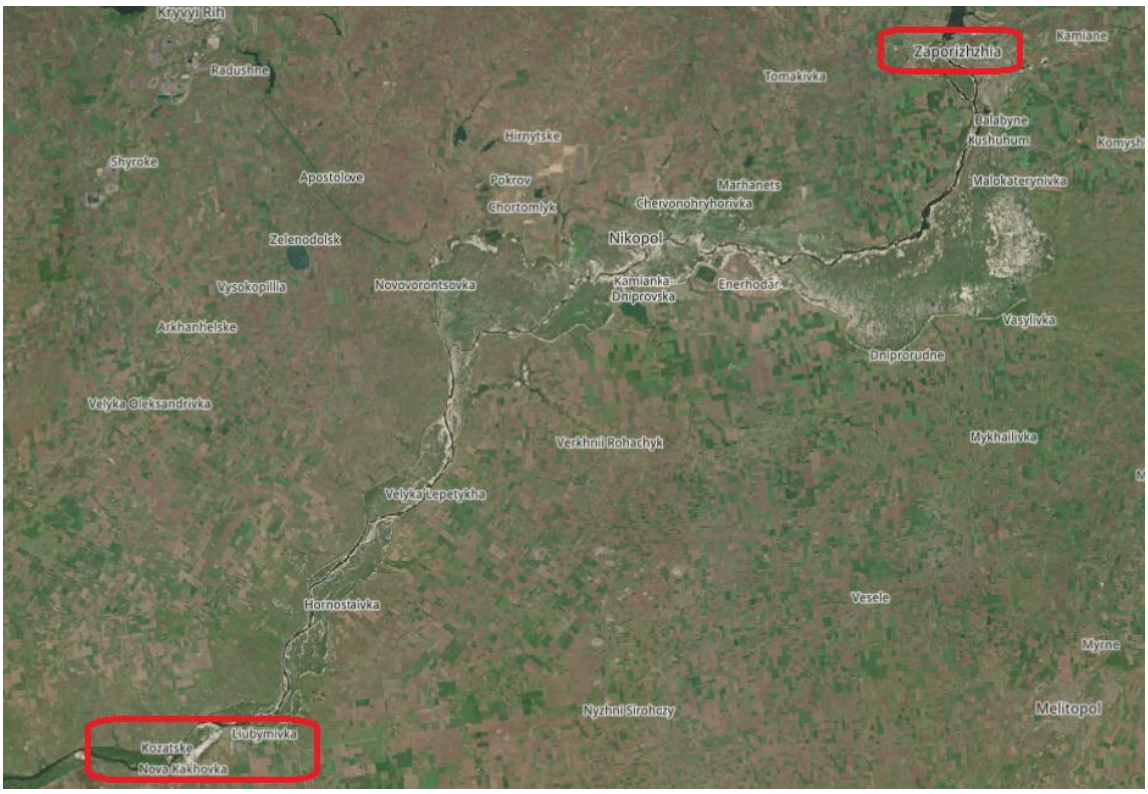


Рис. 23. – Орієнтовна територія для подальшого дослідження.

4. На панелі для визначення параметрів зйомки Search (Пошук) виберіть:

• Data sources (Супутник) – Sentinel 2;

• Max. cloud coverage (Хмарність) – 10%;

• Time range (Часовий період) – 5 червня 2023 р.;

• натиснути Search (Пошук)

У результаті завантажується перелік наявних у каталозі знімків за визначеними критеріями, які можна переглянути в закладці ***Results (Результат).*** Справа від кожного знімку позначено дату та час його створення. Візуалізуйте один зі знайдених знімків (рис. 24) і додайте його у ***закладки***.

Обраний знімок має відобразитися в картографічному вікні, а на лівій панелі відкриється меню для налаштування відображення знімка ***Visualization (Візуалізація)***

За замовчуванням знімок відображається у видимому діапазоні ***True color*** (Природних кольорах), тобто зображення має бути схоже на фотографію місцевості згори з розрізненням 30 м/піксель. Зверніть увагу, що для цього супутника доступний перегляд у режимі покращеної роздільної здатності 15 м/піксель – ***True color – Highlight Optimized Natural Color***. Також перегляньте, який ця територія матиме вигляд у False color (Штучних кольорах) та інших діапазонах.

Рис. 24. – Знімок Каховського водосховища від 05.06.2023 р. у діапазоні ***Природні кольори***..

5. Далі переключіть знімок в позначених комбінаціях каналів, прочитайте короткий опис рекомендацій з найкращого застосування обраного каналу. Далі додайте знімок від 05.06.2023 р. в декількох спектральних діапазонах до закладок, натиснувши відповідну позначку. Зверніть увагу на діапазон ***NDWI***, який зручно застосовувати саме для картографування водних об'єктів (рис. 25).

Рис. 25. – Знімок Каховського водосховища від 05.06.2023 р. у діапазоні ***NDWI***.

6. Поверніться до загального пошуку знімків.

7. Оберіть дату 20.06.2023 р. для візуалізації результатів, з хмарністю менше 10 %. Так само візуалізуйте обраний знімок у 2-3 спектральних діапазонах та додайте їх у закладки (рис. 26).

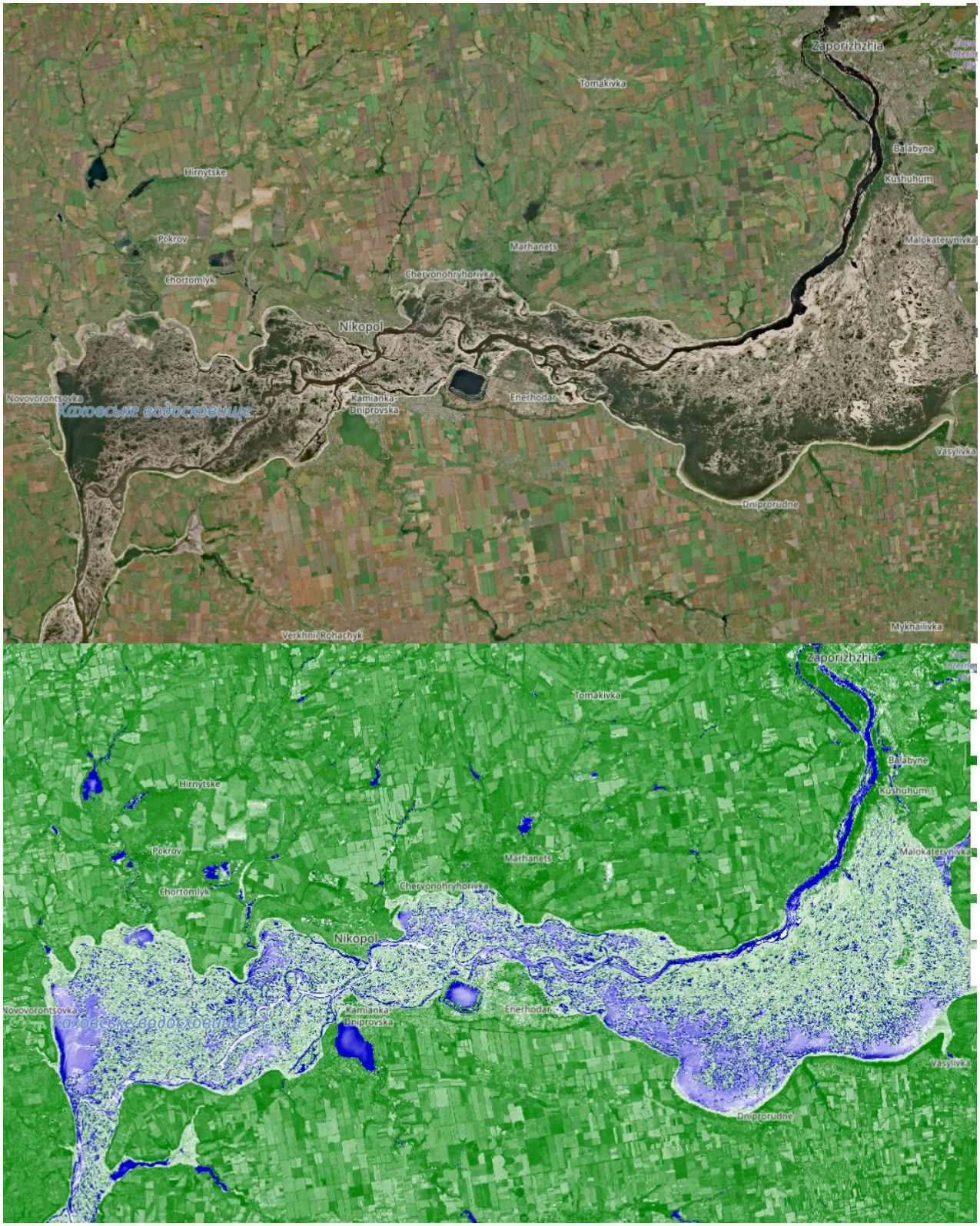


Рис. 26. – Знімки Каховського водосховища від 20.06.2023 р. у діапазонах ***Природні кольори та NDWI.***

8. У закладках оберіть два знімки за 05.06.2023 р. та 20.06.2023 р. у природних кольорах і додайте їх до порівняння. Шляхом змінення позиції точки «***розділення позиції***» порівняйте два знімки Каховського водосховища до та після знищення Каховської ГЕС (рис. 27).

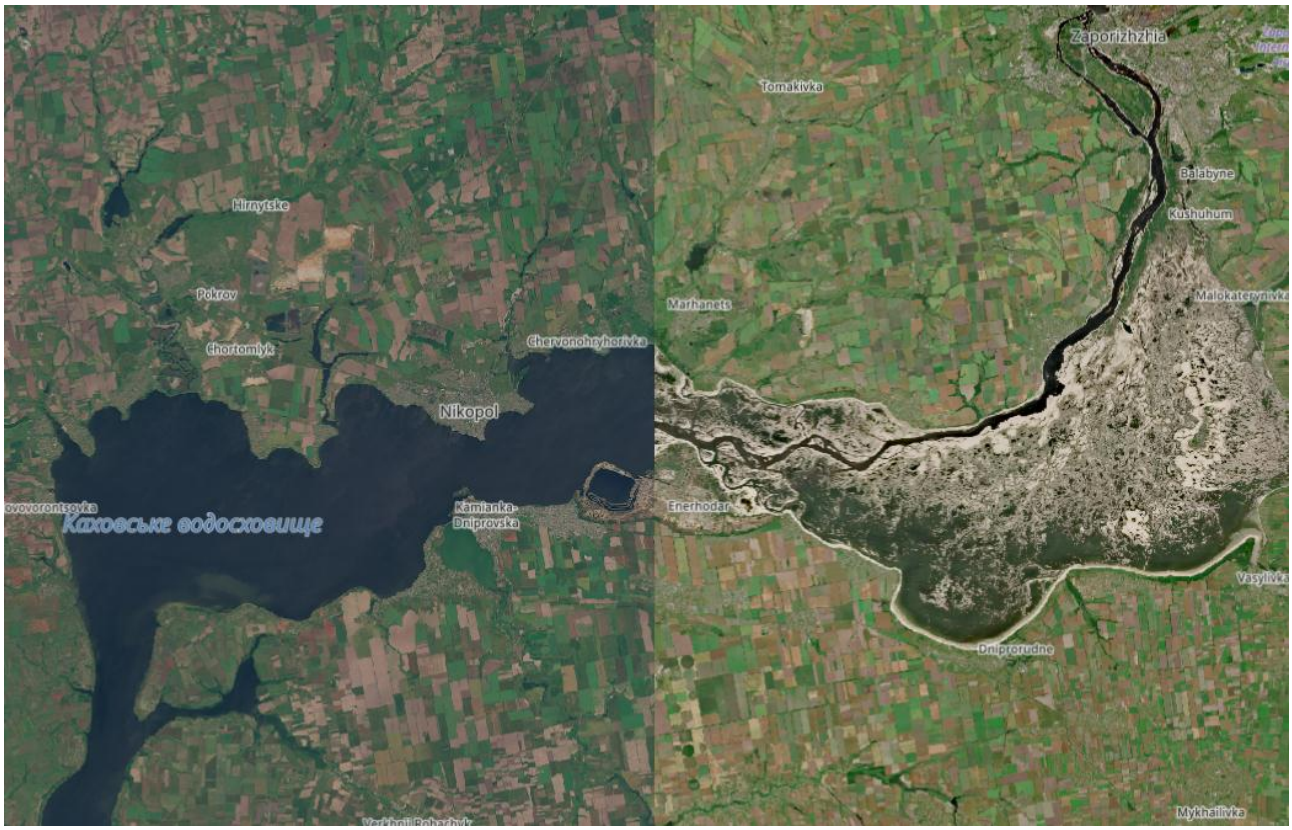


Рис. 27. – Знімки Каховського водосховища від 05.06.2023 р. та 20.06.2023 р. у діапазоні ***Природні кольори.***

Знайдіть знімки цієї ж території за червень 2025 р. та додайте його до порівняння до двох попередніх. За допомогою інструменту «***розділення позиції***» можна зручно одночасно передивлятися зміни, які відбулися з рослинним покривом та водною поверхнею досліджуваної ділянки території. У 2025 р. можна побачити, що на осушених ділянках дна Каховського водосховища з'явився шар степової рослинності, зафіксовані нові контури русла річки Дніпро (рис. 28). Проте також помітно зменшився індекс зволоженості, який дуже зручно порівняти в діапазоні NDMI (Нормалізований диференційний індекс вологості). Особливо чітко видні наслідки руйнації Каховської ГЕС на зволоження сільськогосподарських угідь (рис. 29). Запропонуйте учням на підставі отриманих знімків зробити висновки самостійно.

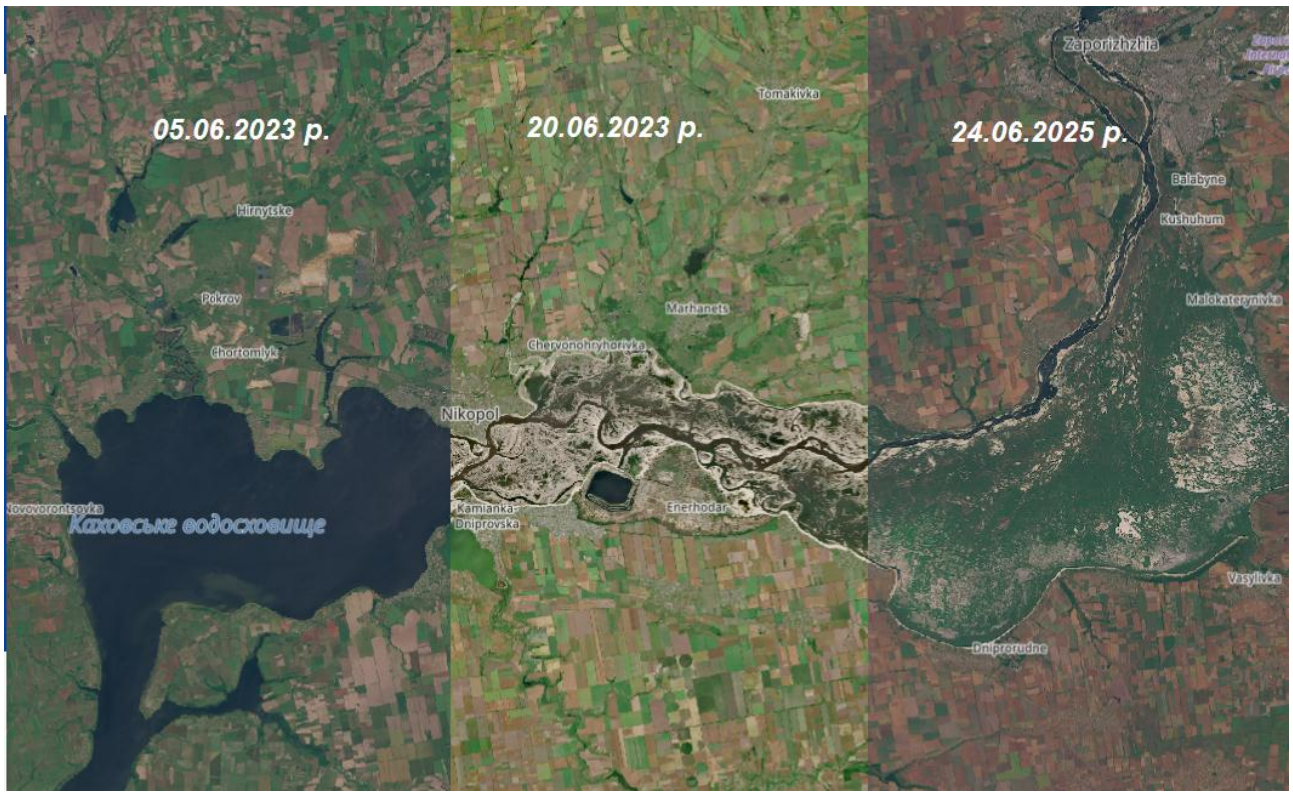


Рис. 28. – Зміна Каховського водосховища від 05.06.2023 р., 20.06.2023 р. та 24.06.2025 р. у діапазоні ***Природні кольори.***

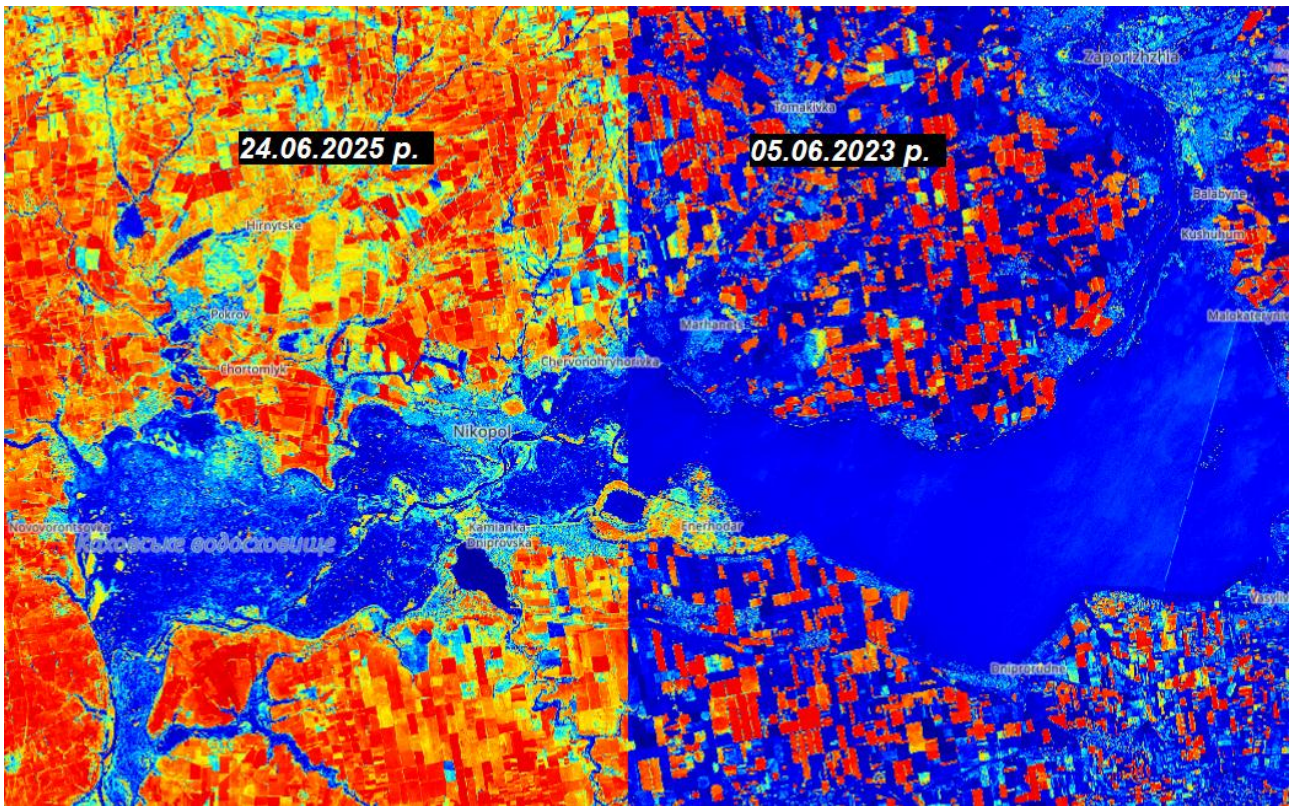


Рис. 29. – Зміна зволоженості сільськогосподарських території на берегах Каховського водосховища від 05.06.2023 р. та 24.06.2025 р. у діапазоні ***NDMI.***

9. Змініть територію дослідження таким чином, щоб в центрі екрану була частина річки Дніпро нижче зруйнованої Каховської ГЕС. Оберіть знімок даної території від 03.06.2023 р. з хмарністю нижче 10% та візуалізуйте його. Для кращого відображення території можна відключити шар з позначенням населених пунктів у вкладці «***шари***» – прибрати галочку у пункті «***мітки***».

На даному знімку також дуже гарно візуалізується Національний природний парк «Олешківські піски» – один з найбільших погорблених піщаних масивів Європи, розташований в лівобережній частині пониззя Дніпра. Додайте знімок у закладки (рис. 30).

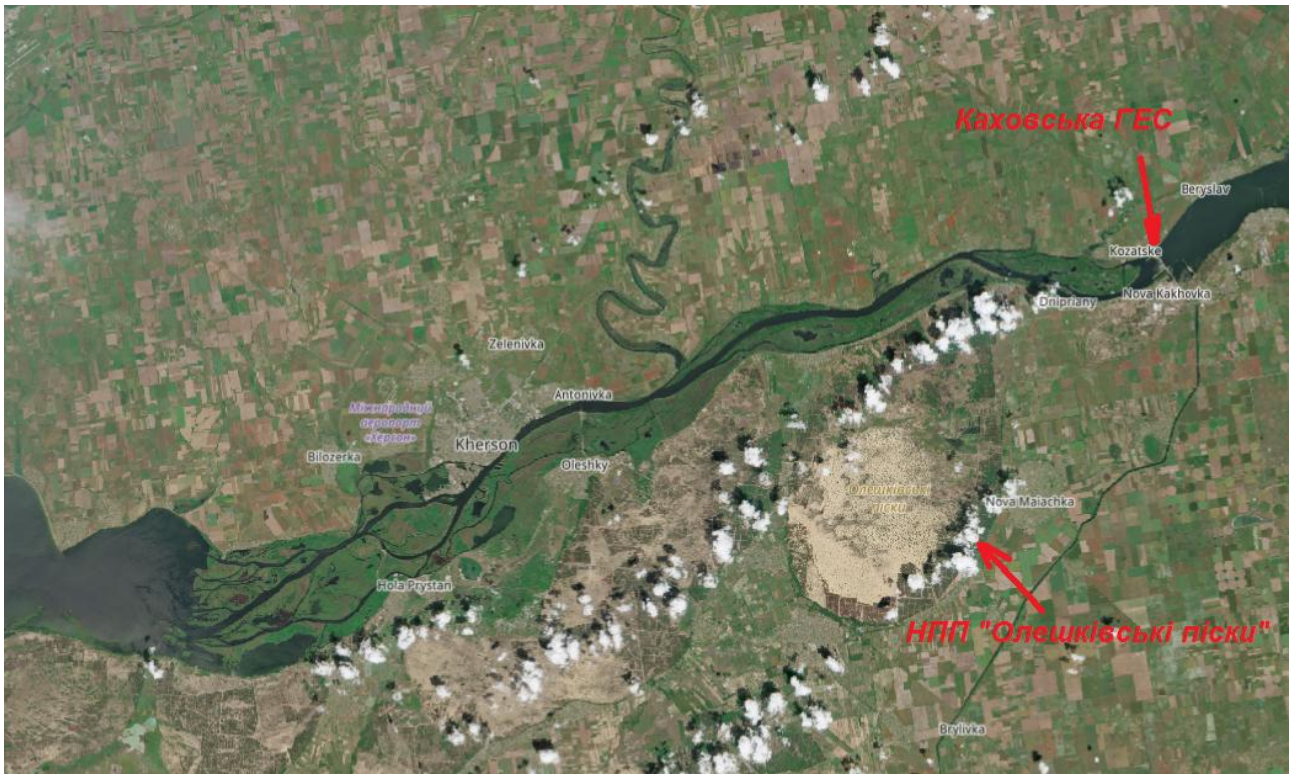


Рис. 30. – Річка Дніпро нижче Каховської ГЕС від 05.06.2023 р.**.**

10. Оберіть знімки за часовим проміжком від ***05.06.2023 р. до 10.06.2023 р***. Візуалізуйте спочатку знімок від 05.06.2023 р. у ***Природніх кольорах*** та діапазоні ***NDVI*** а потім візуалізуйте знімки у двох діапазонах від 09.06.2023 р. та додайте їх у порівняння. Навіть у природних кольорах дуже чітко видно різницю у межах розливу води після руйнування дамби. Для визначення чітких меж затоплення водою краще використовувати діапазон NDVI, в якому вода та водні об’єкти мають контрастуюче світло-сіре забарвлення (рис. 31).

Рис. 31. – Річка Дніпро нижче Каховської ГЕС від 05.06.2023 р. та 09.06.2023 р. у діапазоні ***NDVI.***

11. Для визначення максимальної ширини розливу води використайте інструмент «***Виміряти***». Для цього натисніть дві точки на максимально далеких межах розливу (або на тій ділянці, яку потрібно виміряти), а на панелі для оцифровування відобразиться довжина окресленої ділянки (рис. 32).

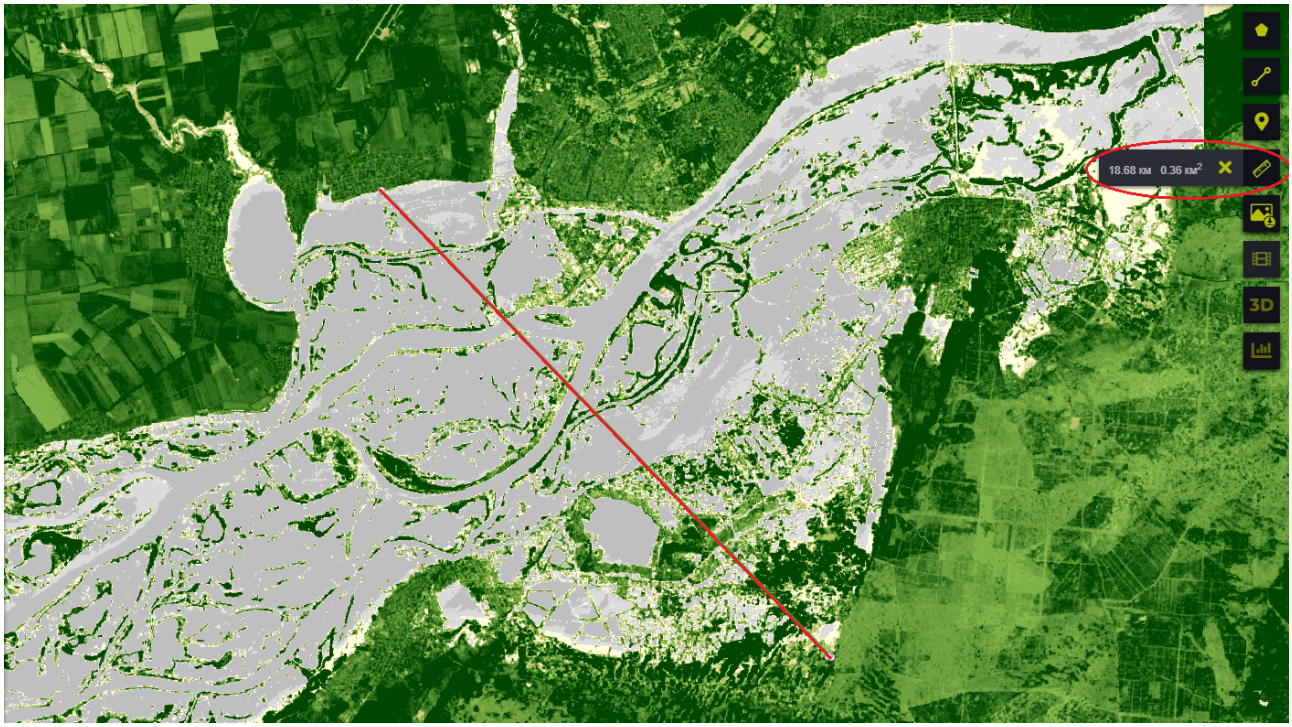


Рис. 32. – Вимірювання максимальної ширини розливу річки Дніпро у діапазоні ***NDVI.***

12. Знайдіть знімок даної території за червень 2024 р. та червень 2025 р. та порівняйте у різних діапазонах, як відбулося відновлення природної екосистеми за 1 рік, 2 роки. Течія Дніпра нижче зруйнованої дамби майже повністю відновилася, проте помітні зміни в рослинному покриві, їхня зволоженість суттєво зменшилася через нестачу водних ресурсів для поливу. Запропонуйте учням на підставі отриманого колажу з порівнянням декількох знімків зробити висновки самостійно.

Практична робота 3. Аналіз змін природних та антропогенних екосистем внаслідок бойових дій за супутниковими знімками в Copernicus Browser

Мета: навчитись використовувати супутникові дані для виявлення та аналізу змін у природних екосистемах, ознайомитися з інструментами та можливостями **Copernicus Browser** для дослідження змін ландшафтів, розвинути навички інтерпретації змін у сільськогосподарських угіддях, лісових масивах, міських територіях та водних об'єктах.

Опис ситуації: *З початком широкомасштабної війни в Україні значні території зазнали змін через бойові дії. Ці зміни стосуються не лише руйнування будівель, а й порушення природних екосистем: вигорілих лісів, замінованих полів, забруднених водойм, зникнення зелених зон у містах тощо.*

Завдання роботи: обрати територію, що постраждала від військових дій, виконати аналіз змін за одним або кількома напрямками:

- **Сільськогосподарські угіддя** (зменшення площ обробітку, зміна рослинного покриву).
- **Лісові масиви** (вигорання, вирубки, пошкодження технікою).
- **Міські ландшафти** (втрата зелених насаджень, збільшення руїн, поява укріплень).
- **Водні об'єкти** (зміна кольору, зникнення водойм, забруднення).

Хід роботи:

1. Відкрийте портал **Copernicus Browser** за посиланням **https://browser.dataspace.copernicus.eu**

2. У рядку пошуку території введіть назву села ***Серебрянка Донецької області***; за потреби масштабуйте ділянку території, щоб орієнтовно у центрі досліджуваної ділянки опинилися ліси Серебрянського лісництва (рис. 33).

3. У параметрах пошуку космічних знімків оберіть ***Data sources*** (Джерела даних) – Sentinel-2; встановіть максимальну хмарність – 10%. Оберіть в календарі – ***Time range*** (Часовий період) – необхідний часовий проміжок спостережень – 01.07.2021 р. – 01.08.2021 р.

4. Візуалізуйте найбільш вдалий знімок у видимому діапазоні ***True color*** (Природних кольорах), додайте до закладок і до порівняння. Спробуйте застосувати різні масштаби – від 2 км до 20 км в 1 см. Після цього візуалізуйте його у наступних діапазонах: ***False color***, ***NDVI, NDWI, NDMI.*** В кожному діапазоні знімок потрібно додати до порівняння, бажано у різних масштабах.

Рис. 33. – Ділянка досліджуваної території у різних масштабах

5. У параметрах пошуку космічних знімків оберіть інший часовий проміжок спостережень – 01.07.2025 р. – 01.08.2025 р. Візуалізуйте найбільш вдалий знімок і повторіть для нього усі дії з попереднього пункту (№4).

6. Після виконання дії з п. 4 та п. 5, у вкладці ***Порівняння*** будуть знаходитися мінімум 10 знімків (по 5 діапазонів для знімку 2021 р. та 2025 р.). Можливо, що у даній вкладці залишилися знімки з попередніх робіт, можна для зручності їх видалити, якщо вони не потрібні користувачу. Знімки для порівняння краще згрупувати за діапазонами попарно (рис. 34).

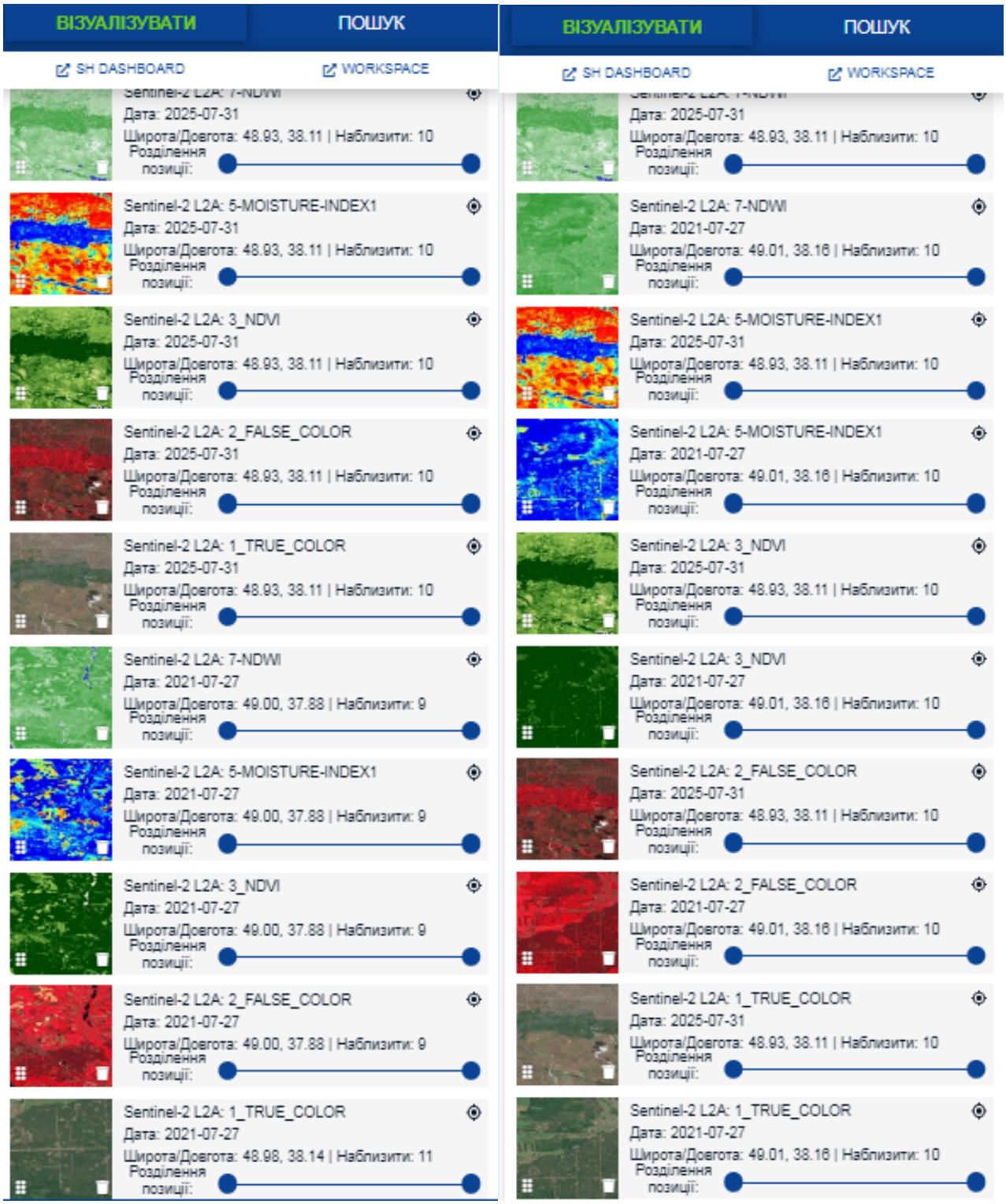


Рис. 34. – Вкладка ***Порівняння*** зі знімками у різних діапазонах до групування за діапазонами та після.

7. Тепер можна переходити до візуального порівняння знімків різних років за кожним діапазоном окремо. Учням пропонується під час цієї роботи заповнити порівняльну таблицю діапазонів для обрання кращого візуального відображення стану природних та антропогенних екосистем.

діапазони	Сільськогосподарські території	Ліси	Водні об'єкти	Міська забудова
True color				
False color				
NDVI				
NDWI				
NDMI				

8. Порівняння у ***True color*** дозволяє одразу візуально виявити катастрофічні зміни в екосистемах протягом усієї лінії фронту: знищення сільськогосподарських угідь, лісів, водойм, населених пунктів (рис. 35).

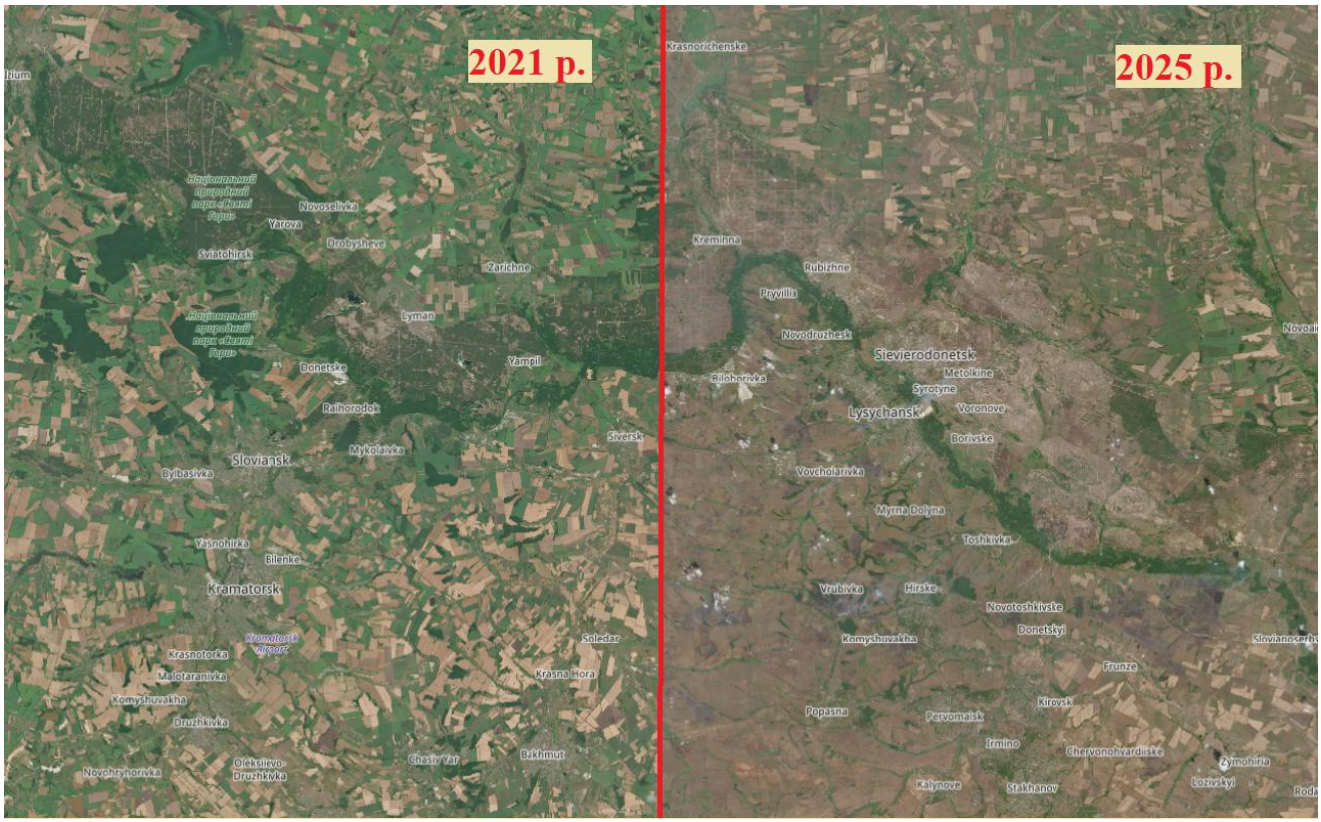


Рис. 35. – Порівняння знімків у діапазоні ***True color*** чітко візуалізує лінію фронта та знищення природних та антропогенних екосистем

Застосування ***False Color*** дозволяє виявити зміни у рослинності (здорові рослини — відображаються яскравим червоним кольором, пошкоджені чи знищені — темним) (рис. 36).

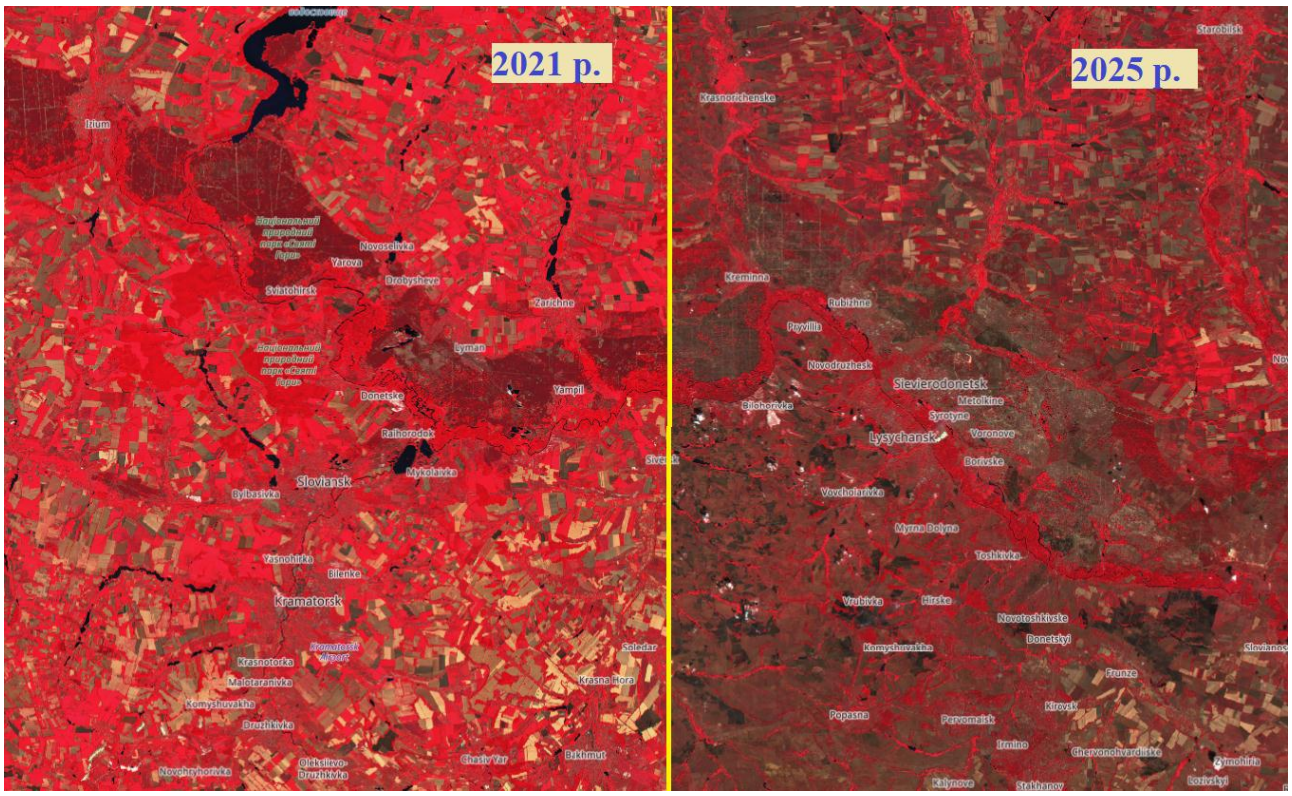


Рис. 36 – Порівняння знімків у діапазоні ***False Color*** відображає знищення та пошкодження рослинності.

В діапазоні ***NDVI*** можна оцінити запаси біомаси та стан здоров'я рослин. Менша насиченість зеленого кольору свідчить про значне знищення біорізноманіття у зоні бойових дій (рис. 37).

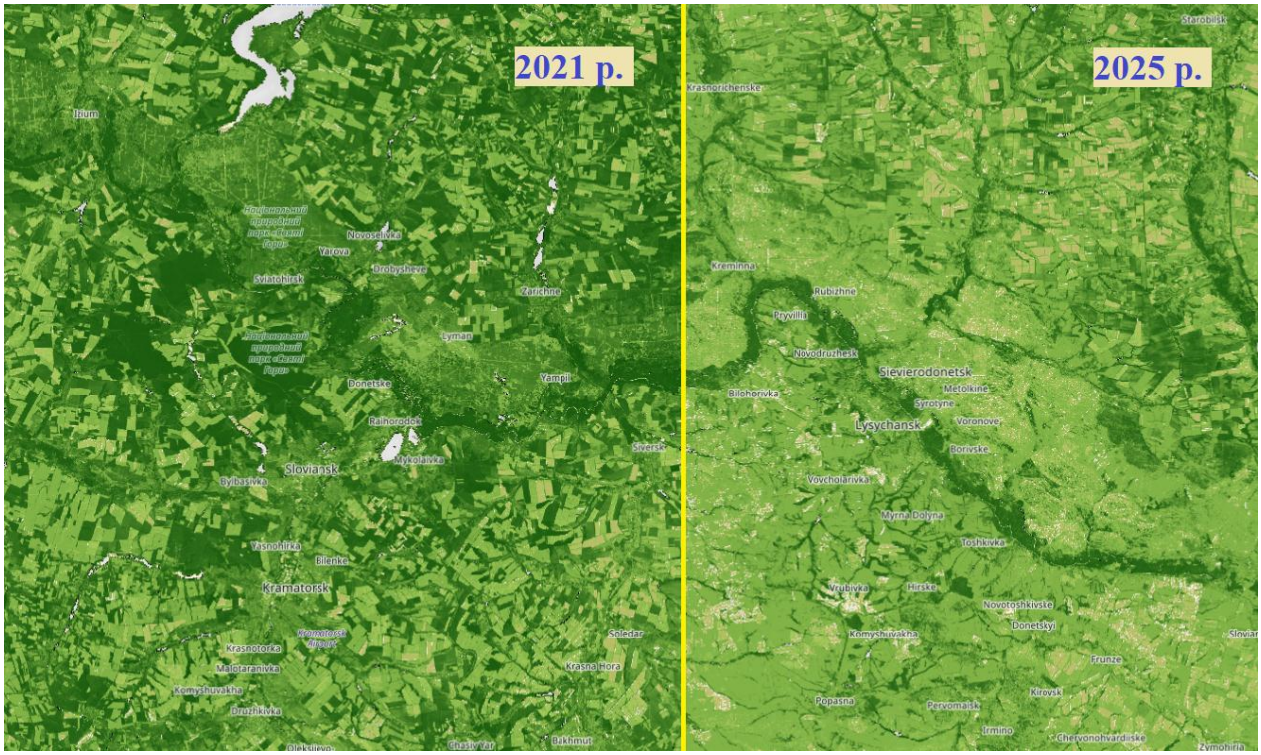


Рис. 37 – Порівняння знімків у діапазоні ***NDVI*** відображає запаси біомаси

Опис ситуації: *Оскільське водосховище до повномасштабної війни виконувало дві стратегічних мети: перша – накопичення питної води для Донбасу, друга — в гідроспоруді були турбіни, які здійснювали внесок в енергосистему України. Гребля Оскільського водосховища була зруйнована російськими військами у березні 2022 року, а на початку квітня 2022 року вони підірвали Оскільський гідровузол. Після цього Оскільське водосховище обміліло, гідровузол не працює.*

Діапазон ***NDWI*** застосовується для картографування водних об'єктів і змін запасів води. Тому в цьому режимі дуже чітко видні наслідки російських обстрілів по цивільній інфраструктурі – обміління Оскільського водосховища та знищення природних екосистем (вимирання риби, земноводних, культурних та дикорослих рослин) (рис. 38).

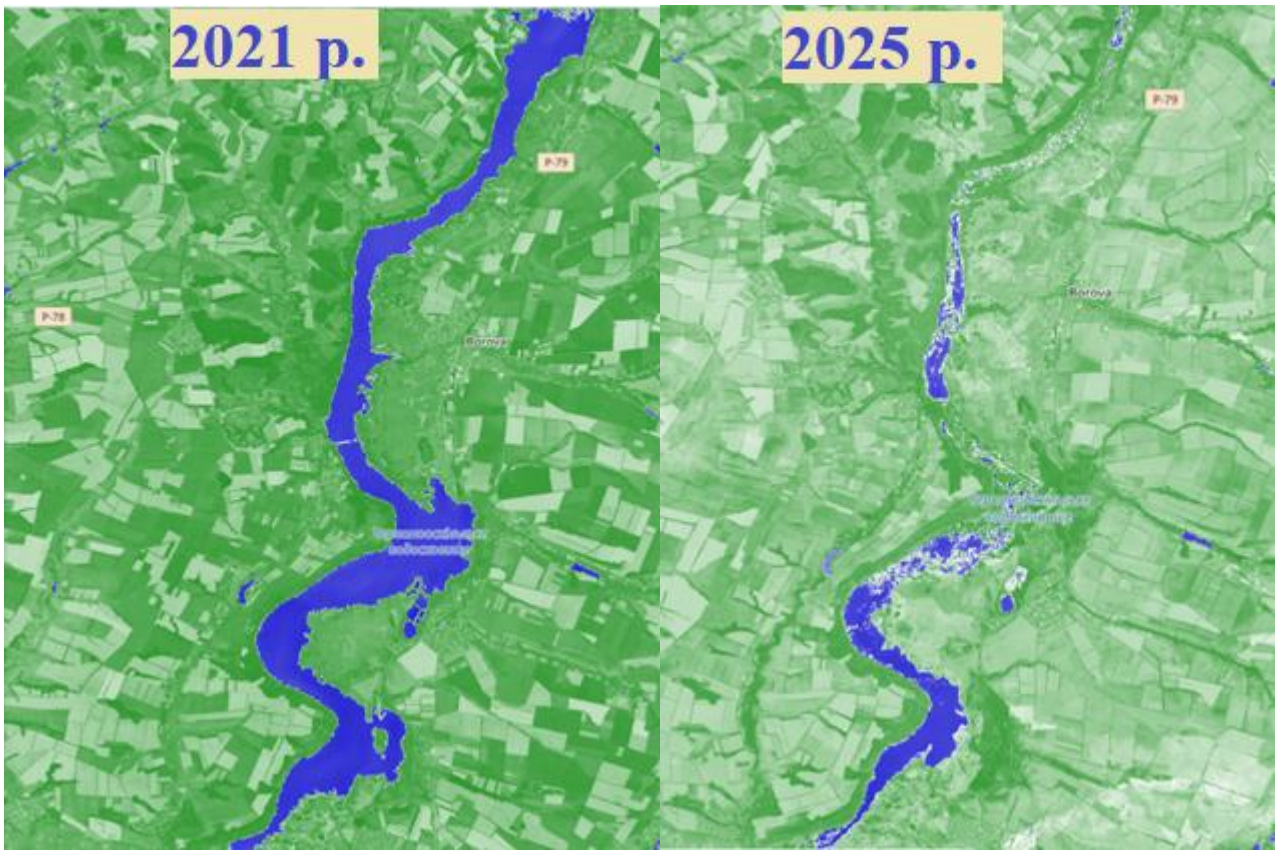


Рис. 38 – Порівняння знімків у діапазоні ***NDWI*** відображає зміни запасів води в Оскільському водосховищі

Діапазон ***NDMI*** дозволяє порівняти вміст вологості у рослинності та побачити посуху**,** яка з'явилася прямим наслідком ведення бойових дій – пошкодження системи водоканалів річки Сіверський Донець та малих місцевих каналів, обміління водосховищ, знищення рослинності та масштабних лісових та польових пожеж, спричинених обстрілами (рис. 39).

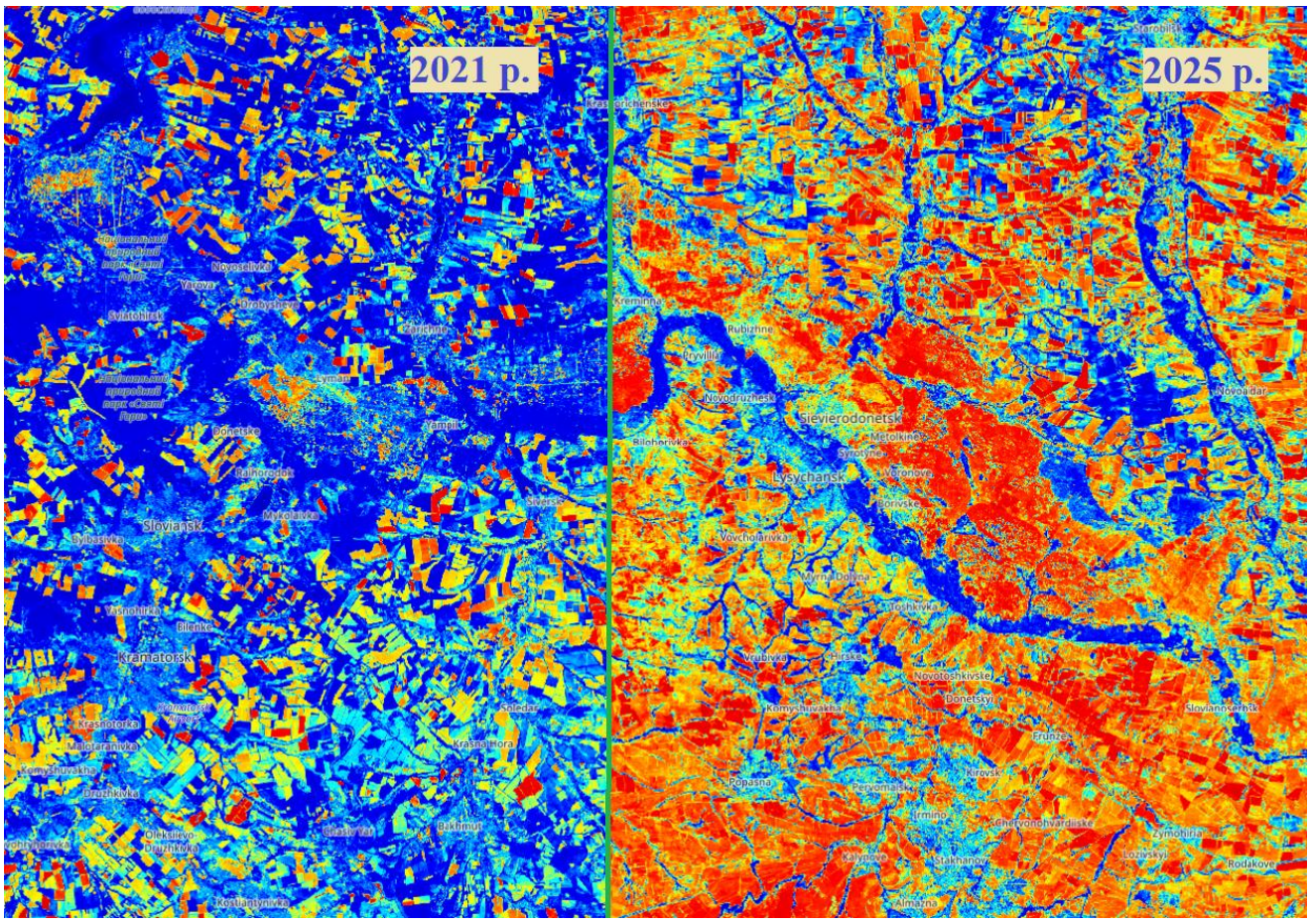


Рис. 39 – Порівняння знімків у діапазоні ***NDMI*** відображає зміни вмісту вологості у рослинності та утворення посухи

9. Окремі елементи пропонується дослідити учням самостійно, змінюючи масштаб та ділянки території вздовж лінії фронту (за потреби, необхідні елементи дослідження можна позначати мітками або полігональними об’єктами на знімках, вимірювати довжини, площі:

1. Зміна структури сільськогосподарських угідь

- Виявлення полів, які були зруйновані обстрілами чи заміновані, і більше не обробляються.
- Аналіз зміни кольору та текстури ґрунтів (наслідки вибухів, ерозія, утрамбування важкою технікою).
- Визначення зменшення площ засіяних культур і перехід до бур’янових або пустих ділянок.

2. Руйнування та трансформація міських і селищних ландшафтів

- Втрата зелених зон (парки, сквери, насадження) через пожежі, забудову укріплень або обстріли.
- Виявлення нових штучних об’єктів (окопи, бліндажі, блокпости), що змінюють місцевий рельєф.
- Зростання площі руїн та пустирів замість забудованих кварталів.

3. Лісові пожежі та деградація лісових екосистем

- Фіксація площ вигорілих територій, зміни щільності крони дерев.
- Моніторинг відновлення лісів або розширення вирубок.

4. Забруднення та деградація водойм

- Зміна кольору та прозорості води (наслідок потрапляння нафтопродуктів, хімікатів).
- Формування нових мулових наносів після підриву дамб чи мостів.
- Зникнення або пересихання малих річок і озер через порушення гідрологічних систем.

5. Порушення берегових зон та прибережних екосистем

- Зміна лінії берега внаслідок вибухів, зсувів чи підриву гідроспоруд.
- Руйнування захисних дюн, прибережних лісосмуг.

6. Тимчасові та постійні військові інфраструктури

- Поява нових доріг, ґрунтових трас і складів боєприпасів у природних ландшафтах.
- Розширення кар’єрів для добування піску, глини чи каменю для інженерних робіт.

10. Результати власних досліджень необхідно зафіксувати у вигляді завантажених колажів отриманих знімків з описом виявлених змін в природних та антропогенних екосистемах та їхніх можливих наслідків. На підставі отриманого комплексу космічних даних учням пропонується зробити висновок про ступінь впливу бойових дій на розвиток екосистем.

Практична робота 4. Оцінка наслідків надзвичайних природних ситуацій (на прикладі світових лісових пожеж)

Мета роботи: ознайомити учнів із можливостями використання супутникових знімків для виявлення та аналізу масштабів лісових пожеж у різних регіонах світу, навчитись визначати межі пошкоджених територій і порівнювати стан рослинності до та після пожежі за мультиспектральними даними та інструментами створення анімації.

Опис ситуації: *Лісові пожежі в Греції, що почалися 17 липня 2023 року поблизу Лагонісі, Східна Аттика, і Лутракі, Коринфія та Афіни, спричинили евакуацію тисяч місцевих жителів. Основні причини виникнення глобальної пожежі: У середині липня південною Європою прокотилася хвиля спеки, і температура в Греції сягнула понад 40°C. Основною причиною інтенсивного поширення пожеж стали сильні південні вітри силою від 6 до 7 балів за шкалою Бофорта, які дули в цей період і різко прискорили пожежі. Хронічне занедбання насаджень алеппської та шотландської сосни в Греції, а також відсутність захисту, догляду та очищення цих лісів є додатковими причинами утворення катастрофічних пожеж.*

Завдання: Візуалізувати місця пожеж, обчислити площу згорілого лісу, проаналізувати, чи відбувається лісовідновлення на цій території.

Хід роботи:

1. Відкрийте портал **Copernicus Browser** за посиланням **https://browser.dataspace.copernicus.eu**

2. У рядку пошуку території введіть латинськими символами назву грецького міста ***Mandra (Μάνδρα)*** і натисніть на «лупу» для наближення до потрібного об’єкту**.** Або знайдіть на карті Європи столицю Греції – Афіни та переміщуйтесь по карті на північний захід. Орієнтовна частина території для подальшого дослідження позначена на рисунку 40.

3. У параметрах пошуку космічних знімків оберіть ***Data sources*** (Джерела даних) – Sentinel-2; встановіть максимальну хмарність – 10%. Оберіть в календарі необхідний часовий проміжок спостережень – ***Time range*** (Часовий період) – з 14 липня 2023 р. по 24 липня 2023 р. та натисніть ***Search*** (Пошук).

4. Серед знайдених знімків оберіть для візуалізації знімок від 19.07.2023 р., на якому чітко відображаються межі активної пожежі та задимлення (рис. 41) і додайте його у закладки. Запропонуйте самостійно знайти і додати до закладок знімки цієї ж території від 04.06.2023 р. (до пожежі) та 24.06.2023 р. (після закінчення активної стадії пожежі).

Рис. 40. – Орієнтовний район досліджень лісової пожежі.

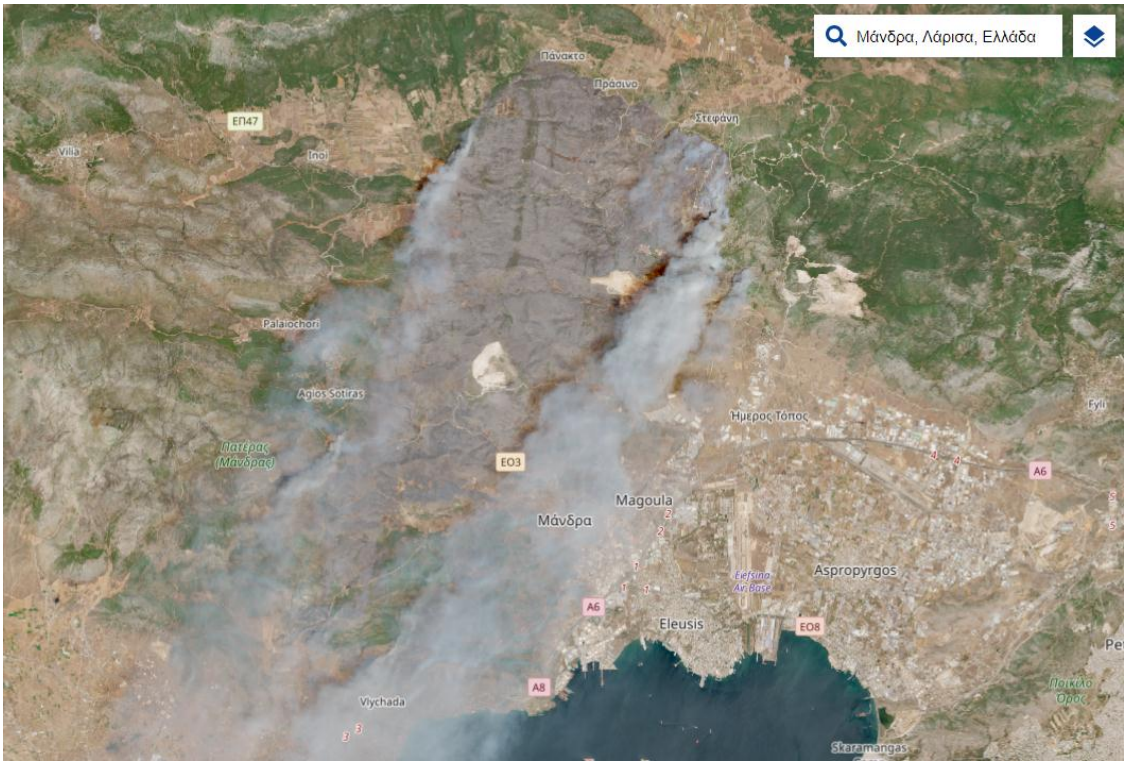


Рис. 41. – Лісова пожежа у Греції 19.06.2023 р.

5. Оберіть у закладках знімок від 24.06.2023 р. та візуалізуйте його.

Натисніть на кнопку ***Custom*** (Індивідуальні налаштування) на лівій панелі в меню для налаштування візуалізації з використанням інших спектральних діапазонів (рис. 42). Відкриється панель для комбінування різних спектральних каналів. У процесі перетягування кружечків з номерами спектральних каналів

супутникового знімка Sentinel-2 в нижній ряд R:..G:..B:.. буде формуватися кольорове зображення. Колір кружечка з номером каналу вказує на відповідний діапазон спектра.

Спробуйте різні комбінації спектральних каналів та порівняйте, як у різних комбінаціях виглядають межі згорілої ділянки. Зазвичай, для отримання максимально контрастних меж пожеж використовують комбінацію каналів із застосуванням інфрачервоного діапазону (рис. 43).

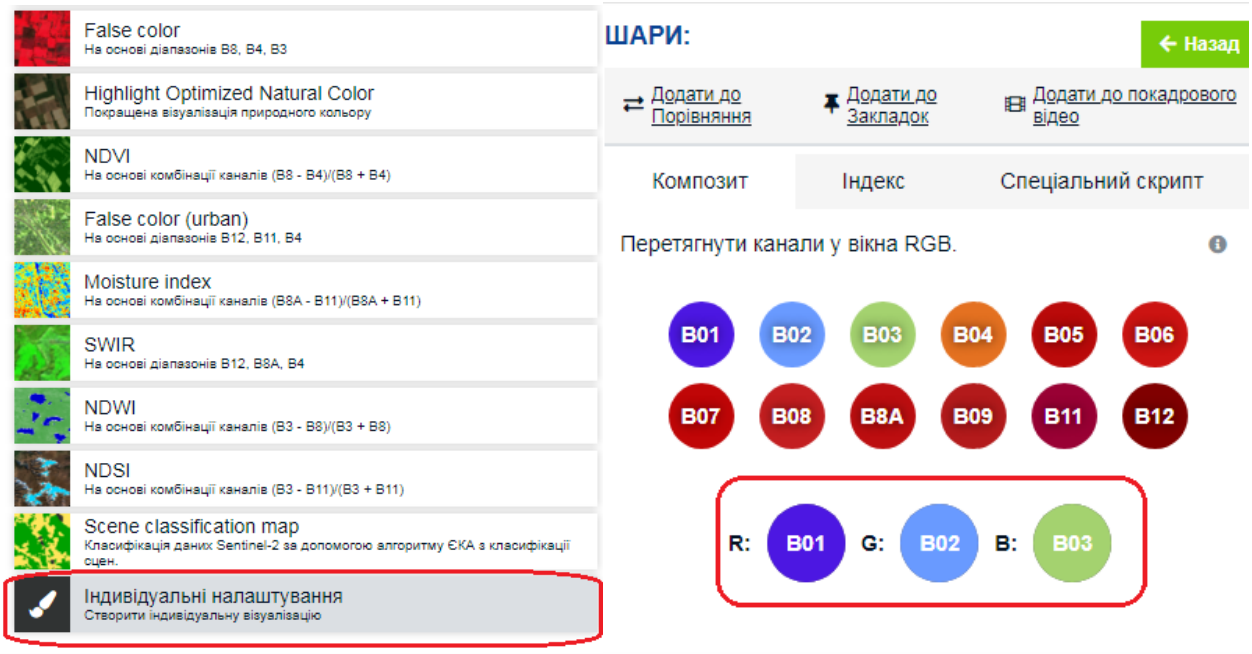


Рис. 42. – Індивідуальне налаштування спектральних діапазонів.

Рис. 43 – Зміна спектральних діапазонів за індивідуальним налаштуванням.

6. На правій панелі виберіть інструмент ***Draw area of interest*** (Створити область інтересів) для оцифровування полігонів, виберіть інструмент й окресліть ним площу згорілої ділянки лісу. Для завершення оцифровування полігона останню точку потрібно поставити на першу точку. У результаті на панелі для оцифровування відобразиться площа окресленого полігона (рис. 44). Після отримання результату можна видалити цей полігон з відкритої панелі інструментів.

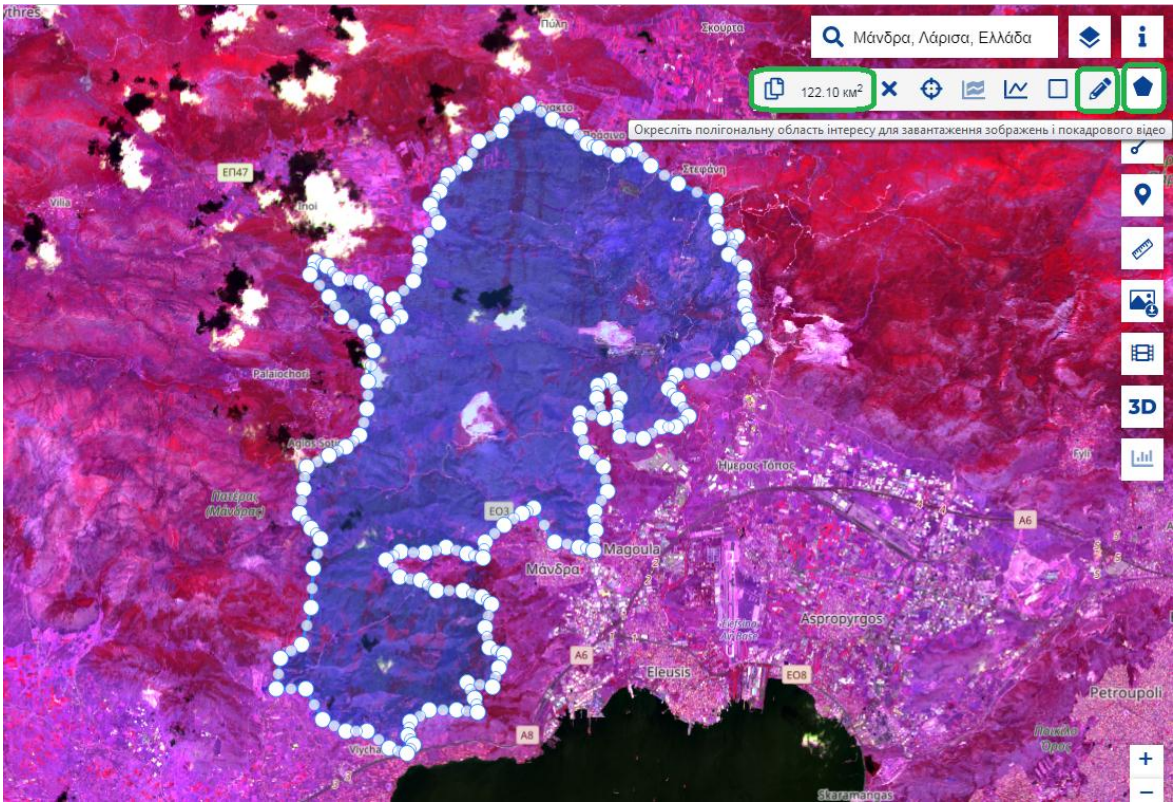


Рис. 44. – Оцифрування полігональної області для визначення її площі.

7. Для того, щоб проаналізувати, чи відбувається лісовідновлення на цій території, можна використати інструмент для створення часової серії зображень (інструмент у правому меню – ***Create timelapse animation*** (Створити анімацію)). Спочатку візуалізуйте знімок даної території в ***природних кольорах.*** Натисніть на позначку «Створити покадрові відео цієї області». У результаті відкриється вікно для налаштування анімації.

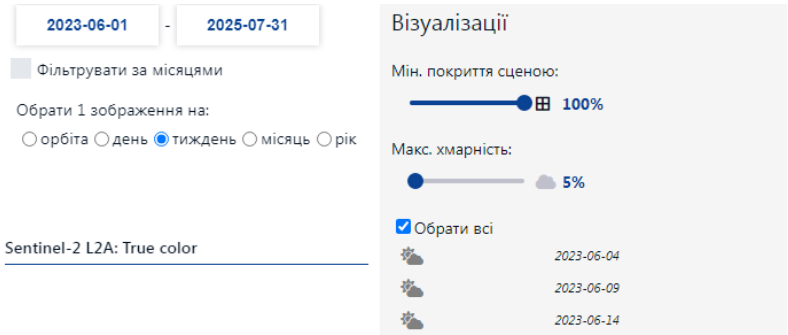


Рис. 45. – Вікно налаштування покадрової анімації обраної території.

8. Налаштуйте анімацію, вказавши часовий період з 01.06.2023 р. по 31.07.2025 р., (тобто почати анімацію знімків до пожежі, а закінчити на 2 роки після пожежі), мінімальне покриття знімком 100%, максимальна хмарність 5%, і натисніть кнопку ***пошуку*** («лупу»). Далі можна переглянути перелік зображень і прибрати «галочку» з неякісних, захмарених або зайвих зображень (рис. 45). У нижньому віконці Speed (Швидкість) збільшіть швидкість анімації до 3 і натисніть Пуск (рис. 46).

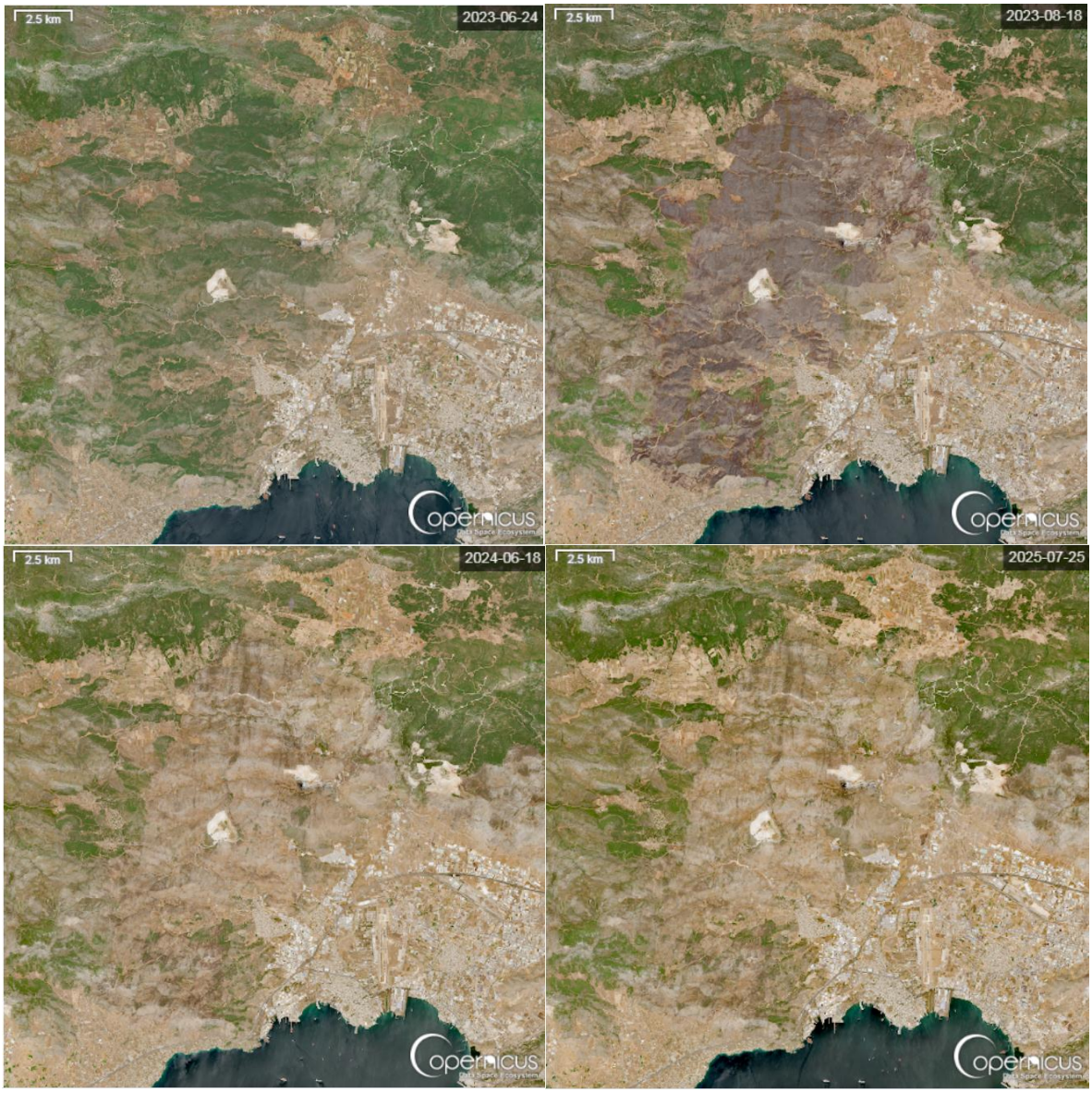


Рис. 46. – Окремі кадри з анімації, які висвітлюють наслідки лісової пожежі у часі.

9. Натисніть кнопку ***Download*** (Завантажити) – в результаті анімація збережеться як окремий файл з анімацією у форматі GIF, який надалі можна відкривати без підключення до Інтернету та використовувати у презентаційних матеріалах до уроків. Запропонуйте учням зробити висновки самостійно з проведеного дослідження. *Чи почався процес лісовідновлення через два роки після масштабної лісової пожежі? Які наслідки така пожежа має для розвитку екосистем?*

Практична робота 5. Дослідження вулканічної активності за космічними знімками

Мета: навчитись використовувати супутникові дані для виявлення наслідків виверження вулканів у різних спектральних діапазонах та відстежувати газові викиди.

Опис ситуації: *Виверження вулкану Етна (Сицилія) почалося в липні 2024 року і триває дотепер. Виверження супроводжується викидом попелу та лави, але не становить безпосередньої загрози для населених пунктів.*

Завдання роботи: знайти і візуалізувати осередки активності вулканів, дослідити наслідки вулканічної активності на довкілля, будувати таймлапси та робити базові вимірювання (довжина лавових потоків, протяжність шлейфів).

Хід роботи:

1. Відкрийте портал **Copernicus Browser** за посиланням **https://browser.dataspace.copernicus.eu**

2. У рядку пошуку території введіть назву села ***Catania, Italy***; за потреби масштабуйте ділянку території, щоб у центрі знімку опинився вулкан Етна (він знаходиться на північ від м. Катанія.

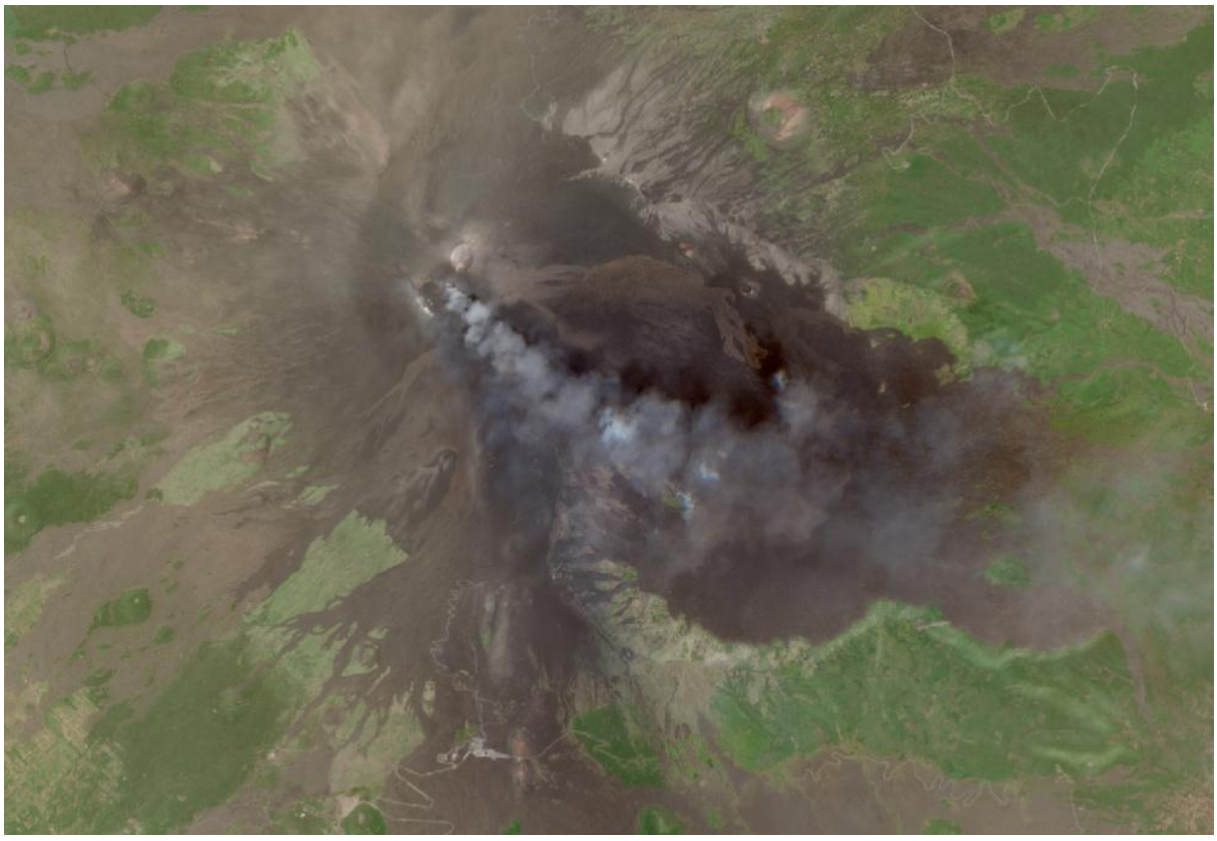


Рис. 47. – Візуалізація у ***True Color*** активної фази вулкану Етна

3. У параметрах пошуку космічних знімків оберіть ***Data sources*** (Джерела даних) – Sentinel-2; встановіть максимальну хмарність – 10%. Оберіть в календарі – ***Time range*** (Часовий період) – необхідну дату 07.07.2024 р. – 10.07.2024 р. Першим візуалізуйте знімок від 07.07.2024 р. ***у True Color (Природних кольорах)*** (рис. 47) і додайте його у закладки.

4. Змініть діапазон на ***False Color (Urban) (Штучні кольори)***, який є чутливим до гарячих поверхонь та лави). В цьому діапазоні можемо спостерігати активну фазу викиду лави з жерла вулкану (рис. 48).

Рис. 48. – Візуалізація у ***False Color (Urban)***активної фази вулкану Етна

Для виявлення активної фази виверження вулканів можна застосовувати ***Композит короткохвильового інфрачервоного діапазону (SWIR),*** в якому також свіжа лава або гарячі осередки виділяються яскраво червоним кольором, а згорілі землі мають чіткий чорний контур (рис. 49). Тому для аналізу площі вигорілої землі після виверження вулканів доцільно користуватися цим діапазоном.

Композит короткохвильового інфрачервоного діапазону (SWIR) *– це дані, які перш за все використовуються для оцінки вмісту води в рослинах та ґрунті, оскільки вода поглинає хвилі SWIR. Короткохвильові інфрачервоні канали також можуть використовуватися для розрізнення типів хмар (водяні хмари та крижані хмари), снігу та льоду, які у видимому діапазоні виглядають білими. У цьому композиті рослинність представлена у відтінках зеленого,*

ґрунт та забудовані території – у різних відтінках коричневого, свіжа лава – яскраво червоним кольором. Нещодавно згорілі землі чітко відображаються чорним кольором у каналах SWIR, тому їх можна використовувати для картування руйнівних наслідків пожеж. Кожен тип гірських порід по-різному відбиває короткохвильове інфрачервоне світло, що дозволяє складати геологічні карти, порівнюючи відбите світло SWIR.

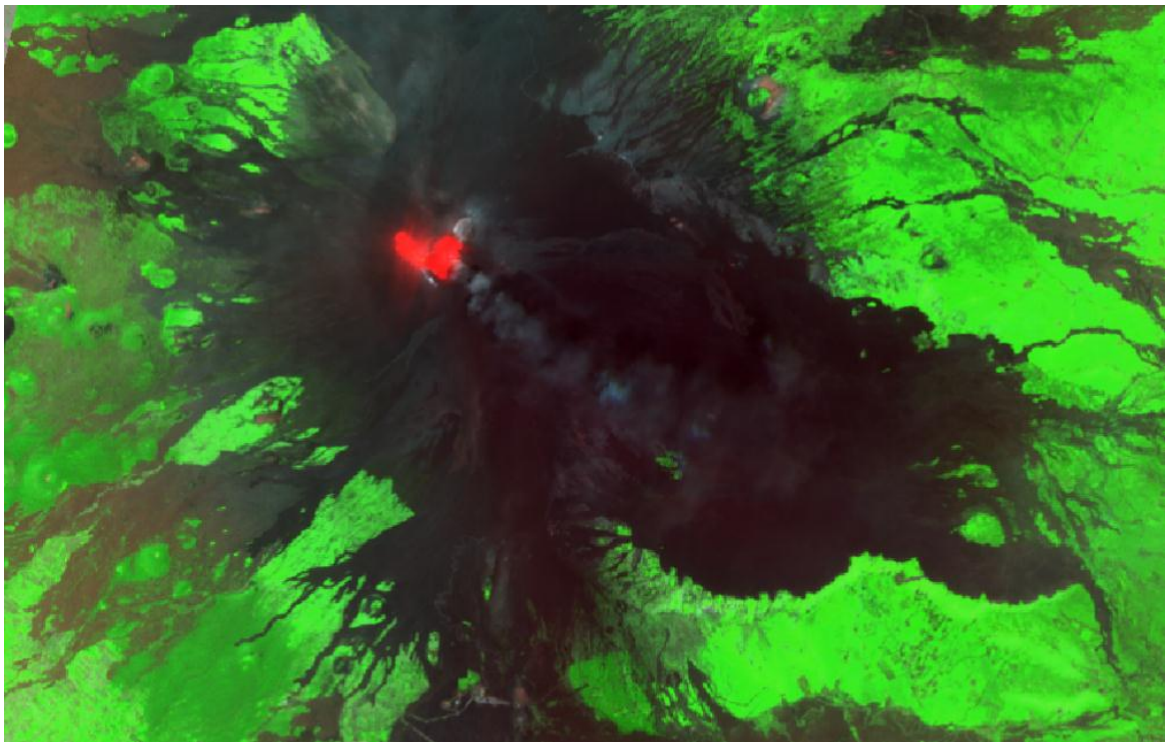


Рис. 49. – Візуалізація у діапазоні ***SWIR*** активної фази вулкану Етна

Самостійне завдання: знайдіть знімки вулкана Етна до початку активного виверження (травень-червень 2024 р.), та більш спокійного виверження (серпень-вересень 2024 р.), додайте їх у закладки. Через те, що Етна з постійною періодичністю продовжує незначні виверження, переконайтеся у діапазонах ***False Color та SWIR***, що знайшли знімки саме у дні «затишшя» вулкану. Додайте дані знімки у діапазонах ***False Color та SWIR*** до порівняння зі знімком активної фази виверження, створіть анімований таймлапс, виміряйте довжину лавового потоку. Довжина лавового потоку (лінія вздовж русла потоку) виміряється інструментом ***Measure distance (виміряти відстань).***

5. Поверніться до загального пошуку космічних знімків. У параметрах пошуку оберіть ***Data sources*** (Джерела даних) – ***Sentinel-5P***; оберіть показник ***Level-2 SO2*** (рис. 50). Оберіть в календарі – ***Time range*** (Часовий період) – необхідну дату 07.07.2024 р. та нажміть ***Пошук***. Масштабуйте знімок так, щоб на значній відстані від місцеположення вулкану Етна можна було побачити значний шлейф викиду діоксиду сірки в атмосферу (рис. 51). Пусті пікселі зазвичай можуть утворюватися через наявність хмар.

Level-2 SO2 відображає рівень сірки в атмосфері Землі.

Діоксид сірки потрапляє до атмосфери Землі в результаті як природних, так і антропогенних (техногенних) процесів. Він відіграє певну роль у хімічних реакціях на локальному та глобальному рівнях і може бути чинником як короткочасного забруднення, так і кліматичних змін.

Інструмент Sentinel-5P/TROPOMI отримує зображення поверхні Землі з інтервалом в один день із просторовою розрізненістю 3,5 х 7 км, що дозволяє визначати дрібні деталі, зокрема виявляти менші шлейфи SO2. Одиниця вимірювання - моль на квадратний метр (моль/м^2).

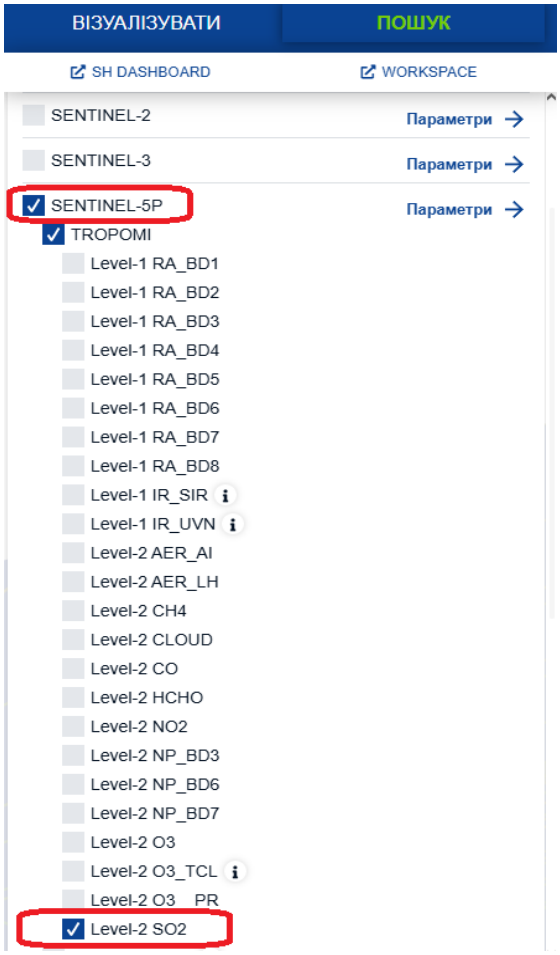


Рис. 50. – Параметри пошуку Sentinel-5P за показником діоксиду сірки.

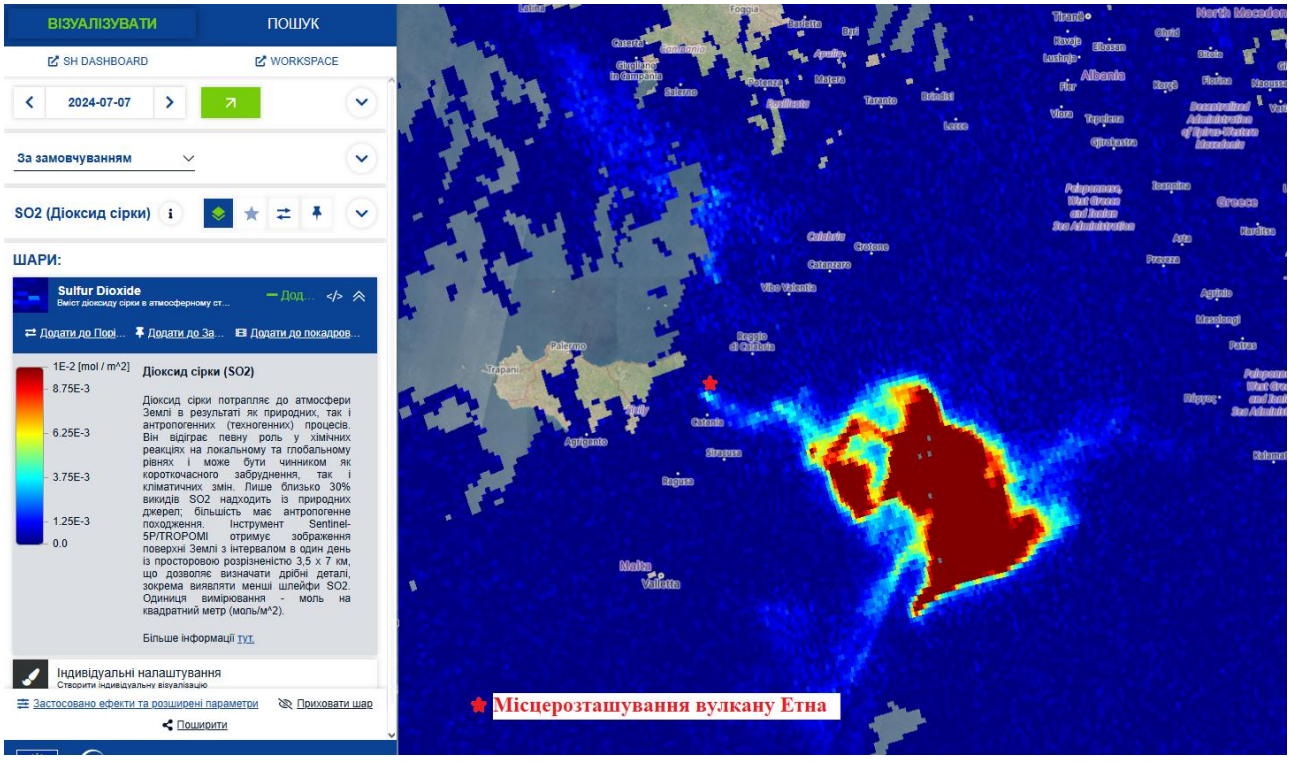


Рис. 51. – Шлейф діоксиду сірки від виверження вулкану Етна 07.0.7.2024 р.

6. Оцініть напрямок і протяжність шлейфу. Виміряйте площу шлейфу діоксиду сірки інструментом ***Draw area of interest*** (Створити область інтересів), виберіть інструмент й окресліть ним площу. Зробіть висновки щодо наслідків вулканічної діяльності.

7. Знайдіть у ***Закладках*** знімок виверження Етни від 07.07.2024 р. На панелі інструментів оберіть функцію створення покадрового відео. В налаштуваннях оберіть річний часовий діапазон (орієнтовно від травня 2024 р. до травня 2025 р.). Максимальне покриття сценою – 100%, максимальна хмарність – %. Нажміть ***Пошук***. Запустіть переглядач знімків та продивіться річну вулканічну активність Етни (рис. 52).

8. На підставі виконаних етапів завдання запропонуйте зробити висновки щодо наслідків вулканічних викидів на довкілля.

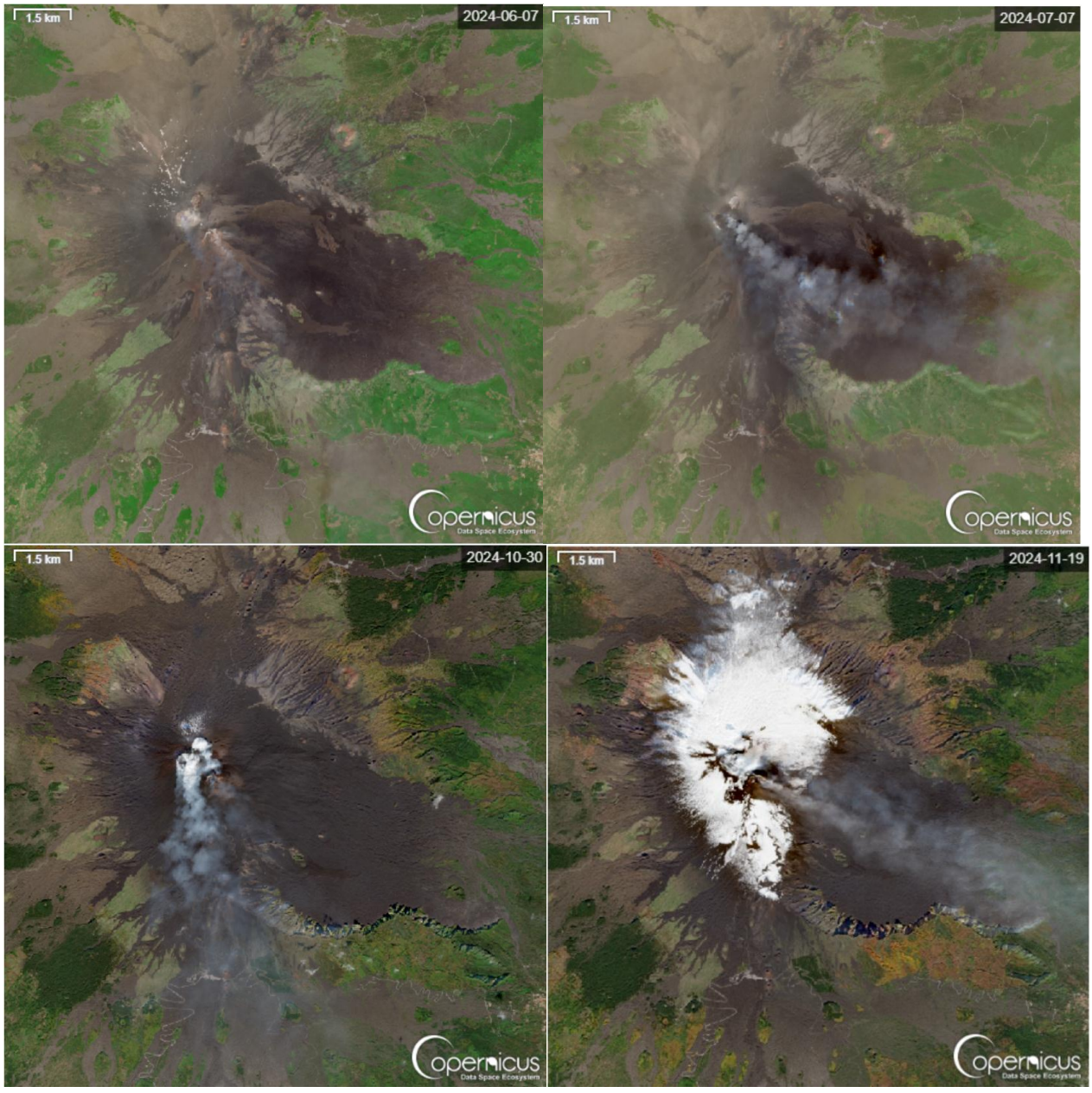


Рис. 52. – Окремі кадри з річної активності виверження вулкану Етна (2024-2025 р.)

IV. Орієнтовний перелік тем практичного використання космічних знімків у Copernicus Browser у науковій та освітній діяльності учнівської молоді

Використання космічних знімків у практичній діяльності учнівської молоді відкриває безліч можливостей для проведення наукових та освітніх досліджень з географії, екології, історії, економіки, геоінформатики та STEM-напрямків. У даному посібнику викладено декілька детальних методичних розробок практичних робіт, які ознайомлюють користувачів з інтерфейсом, інструментальними та функціональними можливостями ***Copernicus Browser*** та є основою подальшого користування цієї платформи для вирішення різноманітних теоретичних та прикладних завдань.

Теми та короткий зміст можливого практичного застосування ***Copernicus Browser*** у роботі учнівської молоді:

1. ***Моніторинг лісів і вирубок***

- **Зміст завдання:** Учні порівнюють знімки за різні роки та аналізують зміни площі лісових масивів, фіксують площу вирубок.
- **Приклад:** Виявити зменшення лісів на Поліссі чи Карпатах унаслідок незаконних вирубок.

2. ***Стан річок і водойм***

- **Зміст:** Аналіз знімків для виявлення замулення, цвітіння води, зниження рівня води.
- **Приклад:** Дослідити стан річки, водосховища, озера.

3. Моніторинг пожеж

- **Зміст:** Використання інфрачервоного спектра для виявлення ділянок, що постраждали від пожеж.
- **Приклад:** Дослідити наслідки лісових пожеж, їх площу, вплив на екосистеми, оцінити ризики перекидання пожеж на житлові райони.

4. Аналіз стану сільськогосподарських угідь

- **Зміст:** Використання NDVI-індексу для оцінки врожайності полів.
- **Приклад:** Порівняти розвиток рослинності у різні пори року (у різні кліматичні умови) в степових регіонах.

5. Забруднення довкілля

- **Зміст:** Вивчення впливу промислових підприємств на якість повітря, ґрунтів чи вод.
- **Приклад:** Виявлення зон смогу навколо великих міст (Кривий Ріг, Дніпро, Запоріжжя).

6. Урбанізація та зростання міст

- **Зміст:** Порівняння розміру міст за десятиліття.
- **Приклад:** Розширення Києва, Харкова, Львова за останні 20 років.

7. Наслідки воєнних дій

- **Зміст:** Вивчення зруйнованої інфраструктури, згорілих полів, затоплених територій.

- **Приклад:** Дослідити масштаби руйнування житлових районів у фронтових містах.

8. Кліматичні зміни

- **Зміст:** Аналіз зміни меж льодовиків, посух, зеленого покриву.
- **Приклад:** Дослідити танення льодовиків у горах або осушення озер у степових зонах.

9. Моніторинг кордонів і природоохоронних територій

- **Зміст:** Контроль змін у заповідниках і національних парках.
- **Приклад:** Дослідити руйнування, забруднення та інші зміни екосистем НПП «Дворічанський».

10. Аналіз транспортної інфраструктури

- **Зміст:** Дослідження розвитку доріг, мостів, портів.
- **Приклад:** Створення нових транспортних коридорів та їх вплив на використання земель різного призначення.

11. Геологічні процеси

- **Зміст:** Дослідження процесів зсувів, обвалів, ерозії ґрунтів.
- **Приклад:** Аналіз та моніторинг зсувних процесів у Карпатах, попередження небезпеки.

12. Морські та прибережні дослідження

- **Зміст:** Аналіз зміни берегової лінії Чорного та Азовського морів.
- **Приклад:** Моніторинг ерозійних, абразійних та акумуляційних процесів узбережжя.

13. Моніторинг стихійних лих

- **Зміст:** Дослідження повеней, засух, буревіїв.
- **Приклад:** Повінь на Прикарпатті 2020 року – аналіз підтоплених територій.

14. Використання землі (land use/land cover)

- **Зміст:** Класифікація територій за типом використання – сільськогосподарські, промислові, житлові.
- **Приклад:** Зміни використання земель у Херсонській області до та після 2022 року.

15. Астрономічний вимір (STEAM-проекти)

- **Зміст:** Порівняння супутникових знімків Землі з іншими планетами (освітній експеримент для уроків астрономії).
- **Приклад:** Аналіз кратерів на Місяці та виявлення подібних структур на території України (наприклад, Болтишський кратер).

Даний перелік тем стане в нагоді під час практичних уроків з географії, біології, екології, заняття гуртків туристсько-краєзнавчого та еколого-натуралістичного напрямів, підготовки науково-дослідницьких робіт МАН, наукових конкурсів, олімпіад тощо. Учні зможуть працювати із справжніми науковими інструментами, що розвиває критичне мислення, навички аналізу даних та роботи з сучасними технологіями.

V. Приклад шаблону завдання практичної роботи на тему: Дослідження танення льодовиків у горах за допомогою космічних знімків у Copernicus Browser

Мета: навчитися аналізувати космічні знімки для визначення змін у природних об'єктах (на прикладі гірських льодовиків); проаналізувати взаємозв'язок між глобальним потеплінням і зміною площі льодовиків.

Етапи виконання:

1. Обрати конкретний гірський регіон (наприклад, Альпи, Гімалаї чи Карпати, де є невеликі окремі льодовики).

2. Знайти та візуалізувати архівні знімки (наприклад, 2015–2016 рр.) та порівняти з більш новими (2023–2025 рр.).

3. Обчислити та порівняти у часі зміни площі льодовиків.

4. Сформувати висновки про танення льодовиків, як прояву сучасних кліматичних змін.

Додаткові завдання:

Порівняти зміну кольору / відбиткових характеристик льодовика на різних знімках (наприклад, видиме світло / інфрачервоний діапазон).

Дослідити утворення озер після танення льодовиків.

Хід роботи:

1. Підготовчий етап.

- Ознайомлення з інтерфейсом *Copernicus Browser*.

- Вибір діапазонів космічних знімків, доцільних під час дослідження льодовиків.

2. Вибір об'єкта спостереження.

- Обрати конкретний гірський масив.

- Фіксування координат та збереження знімків у різні роки дослідження.

3. Порівняння знімків у часі.

- Використання функції *Compare* для накладання знімків різних років.

- Визначення меж льодовика у різні роки, вимірювання площ або довжин.

4. Аналіз отриманих результатів.

- Оцінка динаміки змін площі та розмірів льодовика.

- Прогноз можливих подальших змін на основі отриманих даних.

5. Формування підсумкового звіту.

- Короткий опис ситуації та об'єкта дослідження.

- Завантаження отриманих знімків у необхідних спектральних діапазонах з результатами вимірювань змін площ та довжин льодовиків.

- Висновки про причини та наслідки танення льодовиків, прогнозування можливого розвитку ситуації.

Список використаних джерел

1. Бабійчук С. М., Васинюк Т. В Можливість використання супутникових знімків у дослідницькій діяльності учнів Малої академії наук України в умовах російсько-української війни. Наукові записки Малої академії наук України. 2024. № 1. С. 3-12. URL: http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001506276

2. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В. І. Лялька, М. О. Попова. — К., 2006. — 357 с.

3. Байрак Г. Р. Дистанційні дослідження Землі : навч. посіб. / Г. Р. Байрак, Б. П. Муха. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 712 с.

4. Бондар О. І. Дистанційні методи моніторингу довкілля: навч. посіб. / О. І. Бондар, Г. С. Фінін, П. Я. Унгурян, Р. Ю. Шевченко – Київ, 2019. – 298 с.

5. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : навчально-методичний посібник / [уклад.:] С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків ; Міністерство освіти і науки України, Національна академія наук України, Національний центр "Мала академія наук України". - Київ : Національний центр "Мала академія наук України", 2020. – 267 с. : іл., табл.

6. Зацерковний В. І. Дистанційне зондування Землі. Фізичні основи : навч. посіб. / В. І. Зацерковний. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2018. – 380 с.

7. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування [Електронний ресурс] : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. — К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. — 316 с. — режим доступу: http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4105

8. Івакін В. Г. Перспективи використання супутникових знімків для моніторингу стану пам'яток культурної спадщини / Івакін Всеволод, Зоценко Іван // Пам'яткознавчі студії: проблеми, практики, перспективи розвитку : збірник наукових праць / [редкол.: Титова О. М. (голова) та ін.] ; - Київ : [Київ. науково-методичний центр по охороні, реставрації та використанню пам'яток історії, культури і заповідних територій], 2020. - Вип. 1. - С. 301-308.

9. Свідзінська Д.В. Дистанційне зондування землі: навчально-методичний комплекс. – Київ, 2021. – 22 с.

10. Четверіков Б. В. Методика застосування даних дистанційного зондування Землі в оцінці наслідків надзвичайних ситуацій / Б. В. Четверіков, І. В. Калинич – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 120 с.

11. Copernicus Data Space Ecosystem / About the Browser/ [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://documentation. dataspace.copernicus.eu/Applications/Browser.html

12. Copernicus. Europe's Eyes On Earth [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://www.copernicus.eu/en

13. ESA, Copernicus, Overview / Європейське космічне агентство/ [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Introducing_Copernicus

Рекомендовані онлайн-ресурси в Інтернеті

1. Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку (СЦД-Україна) [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: http://wdc.org.ua/uk/node/140

2. Системи сповіщення про вулкани (Volcanic Alert System) [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: http://sacs.aeronomie.be.

3. Система сповіщення про вулкани NOAA/NESDIS [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://www.ospo.noaa.gov/ Products/atmosphere/vaac.

4. Портал Copernicus Browser [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://browser.dataspace.copernicus.eu

5. ESA Earthnet / Європейські дослідження географічної оболонки засобами дистанційного зондування / [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://earth.esa.int/eogateway

6. Global Wildfire Information System — Глобальна інформаційна система пожеж [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: http://gwis.jrc.ec.europa.eu/static/gwis_current_situation/public/index.html.

7. National Aeronautics and Space Administration. Goddard Institute for Space Studies / Інститут космічних досліджень НАСА імені Годдарда / [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://www.giss.nasa.gov

8. NASA Earth Observatory / Американські космічні дослідження географічної оболонки засобами дистанційного супутникового зондування / [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://earthobservatory.nasa.gov

9. NASA Visible Earth / Каталог зображень та анімації планети Земля від НАСА / [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://visibleearth.nasa.gov

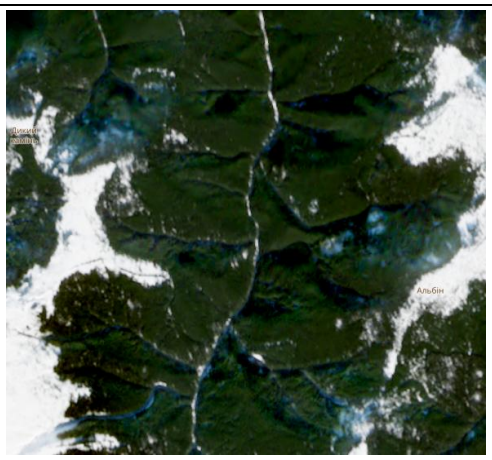
10. The Fire Information for Resource Management System — Інформація про пожежі для системи управління природними ресурсами [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map.

11. Sentinel-5P captures bali volcanic eruption [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: http://www.esa.int/spaceinimages/ Images/2017/12/Sentinel-5P_captures_Bali_volcanic_eruption

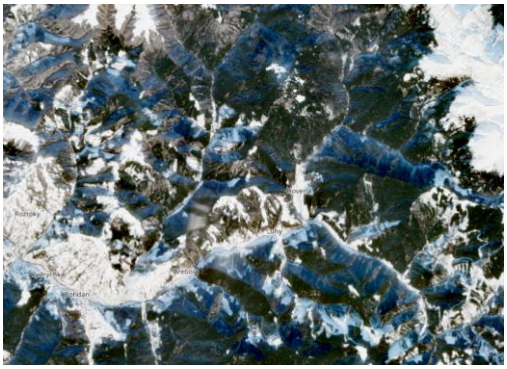
12. Views of the Earth / Моделювання земної поверхні на основі геодезичних даних та дистанційного зондування / [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: http://earth.imagico.de/main.php

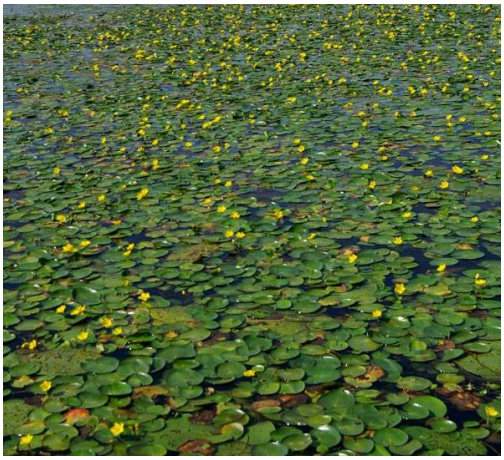
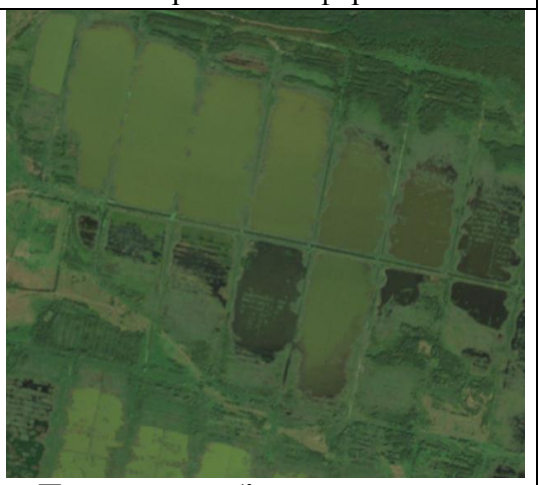
ДОДАТОК

Вигляд деяких типів земної поверхні в Україні на супутникових знімках для проведення дешифрування

Типи земної поверхні	Фотографія	Вигляд на супутникових знімках
Листяні ліси	Листяний ліс	Помітна зміна кольору листя восени, зимою – відсутність листя
Хвойні ліси	Хвойний ліс	 Зберігає зелений колір протягом року
Рідколісся	Рідколісся	Візуалізуються окремо розташовані дерева

Пустелі та чагарники	 Пустелі та чагарники	 Візуалізуються піски та окремо розташовані і рослини
Луки, пасовища	 Луки та пасовища	 Мають рівномірно зелену рослинність в теплі пори року
Сільсько-господарські угіддя	 Земля сільськогосподарського призначення	 Мають чітку геометричну форму, колір змінюється залежно від сезону
Пісок, піщані насипи	 Олешківські піски	 Світло-жовтий, бежевий колір.

Гори	 Карпати, г. Говерла взимку	 Засніжені хребти та вершини, у передгір'ї зміна рослинності з висотною поясністю
Вулкани	 в. Фудзіяма	 Кратер вулкана округлої форми, шлейф від витоку лави
Метеоритні кратери	 Аризонський кратер	 Чіткі межі та округла форма кратеру
Льодовики	 Льодовики Гренландії	 Великі пласти льоду та снігу білого кольору з чіткими межами

Річки	 р. Десна	 Темно-зелений, майже чорний звивистий лінійний об’єкт
Водосхо-вища	 Печенізьке водосховище	 Темно-зелений площинний об’єкт неправильної форми
Болота	 Замглайська болотна система	 Площинний об’єкт неправильної форми, зеленого, темно-зеленого кольору, може змішуватися з рослинністю, лісами.

Озера, ставки	 Озеро Лиман	 Площинний замкнений об’єкт зеленого або темно-зеленого кольору
Населені пункти	 м. Харків, центральна частина	 Візуалізується житлова забудова, вулиці міста
Транспорт-на мережа	 Автошлях Е40	 Чіткі протяжні лінії сірого, темно-сірого, чорного кольору