

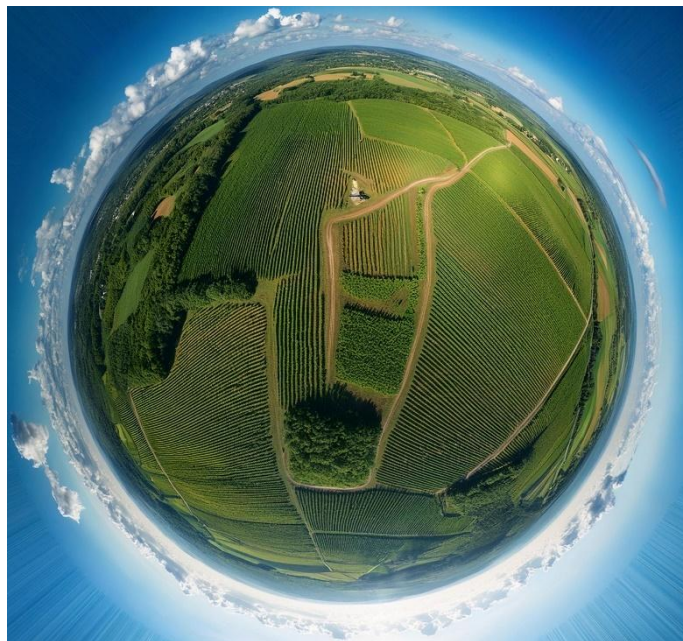


Міністерство освіти і науки України  
Херсонський державний аграрно-економічний університет  
Факультет архітектури та будівництва  
Кафедра землеустрою, геодезії та кадастру

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт

з дисципліни вільного вибору «Дистанційний моніторинг земельних ресурсів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій, галузі знань 19 Архітектура та будівництво, освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій»



Кропивницький – 2025

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Дистанційний моніторинг земельних ресурсів»** (для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій, галузі знань 19 Архітектура та будівництво, освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій»). Кропивницький: ХДАЕУ, 2025. 70 с.

**Методичні рекомендації підготували:**

КОВАЛЕНКО О.М. – PhD, старший викладач кафедри землеустрою, геодезії та кадастру

Затверджено на засіданні кафедри землеустрою, геодезії та кадастру

Протокол № 1 від «01» вересня 2025 року

В.о.завідувача кафедри

Ірина БАРУЛІНА

Затверджено науково-методичною радою факультету

Протокол № 1 від «01» вересня 2025 року

© Олександр Коваленко, 2025 рік

© ХДАЕУ, 2024 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Знайомство зі штучними супутниками Землі.....	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Ознайомлення з платформою EO Browser .....	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Оцінка та аналіз наслідків лісової пожежі в Херсонській області....	20
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Наслідки підриву Каховської ГЕС .....	28
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. Знайомство з віртуальним глобусом Google Earth Pro.....	30
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6. Ознайомлення з платформою Giovanni (NASA).....	43
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7. Дослідження зміни концентрації діоксиду азоту та вуглекислого газу в атмосферному повітрі України.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ .....	60

## ВСТУП

Методичні вказівки дозволяють здобувачам вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 Геодезія та землеустрій ознайомитися з методами та інструментами дистанційного зондування, отримати практичні навички роботи з програмним забезпеченням, розвинути наукового типу мислення через формування навичок оперувати інформацією з першоджерел, у тому числі із супутникових знімків, та аналізувати дані, які підтверджують чи спростовують раніше сформовану гіпотезу.

Студентам пропонується вивчення функціональних можливостей платформ та ресурсів EO Browser, Google Earth Pro, Giovanni, QGIS. Виконання практичних робіт дозволяє освоїти основні принципи роботи порталів та програмного забезпечення щодо попереднього перегляду властивостей, типів і особливості створення тематичних карт; способи візуалізації геоданих; просторове прогнозування розміщення досліджуваних показників; аналізу достовірності просторових моделей тощо.

**EO Browser** (Earth Observation Browser) — це онлайн-платформа для доступу, аналізу та візуалізації супутникових знімків і даних дистанційного зондування Землі. Розроблена компанією Sinergise у співпраці з Європейським космічним агентством (ESA) та програмою Copernicus, ця платформа надає відкритий доступ до архівних та актуальних супутникових зображень із різних місій, зокрема Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, Landsat 5, 7, 8, MODIS та інших. Основні функції EO Browser включають:

1. Оперативний доступ до супутникових даних.
2. Архів супутникових знімків.
3. Обробка даних та аналіз.
4. Побудова таймлапсів.
5. Інтерфейс користувача.
6. Спільне використання та експортування даних.

**Google Earth** — це геопросторовий інструмент, який надає можливість візуалізувати тривимірну модель Землі на основі супутникових зображень, аерофотозйомок, географічної інформації та топографічних даних. Розроблений компанією Google, цей сервіс надає доступ до величезних обсягів геопросторової інформації та сприяє інтерактивному дослідженню земної поверхні з детальним охопленням різноманітних регіонів планети. Основні характеристики Google Earth:

1. Супутникові зображення та тривимірна візуалізація.
2. Доступ до глобальних географічних даних.
3. Історичні зображення.
4. Інструменти вимірювання та аналізу.
5. Street View та інтерактивний режим перегляду.
6. Моделювання рельєфу та картографування.
7. Створення власних карт та додатків.
8. Віртуальні екскурсії та дослідження інших планет.

**Giovanni (Goddard Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure)** — це веб-портал, розроблений NASA для доступу, візуалізації та аналізу кліматичних і екологічних супутникових даних. Спеціалізується на наданні легкого у використанні інтерфейсу для роботи з даними супутників і моделями глобальних кліматичних систем, що робить його особливо корисним для науковців, дослідників і освітян.

Основні особливості Giovanni:

1. Інтерфейс для візуалізації: Користувачі можуть створювати різні графічні візуалізації, такі як карти, часові ряди, порівняння та гістограми, без необхідності завантажувати складне програмне забезпечення.
2. Підтримка численних типів даних: Giovanni пропонує широкий спектр супутникових і наземних даних:
  - атмосферні параметри (температура, вологість, хімічний склад);

- океанографічні показники (температура поверхні моря, концентрація хлорофілу);
  - наземні показники (рослинний покрив, вологоутримання ґрунтів);
  - енергетичний баланс та інші кліматичні параметри.
3. Швидкий аналіз та інтерактивність: Однією з головних переваг Giovanni є можливість виконання швидкого аналізу великих масивів даних.
  4. Широкий доступ до даних MODIS та інших супутників: Giovanni надає доступ до даних багатьох супутників NASA, включно з місіями MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) і багатьма іншими.
  5. Має вбудовані аналітичні функції, що дозволяють виконувати статистичний аналіз даних, наприклад, обчислювати середнє значення, медіану, кореляцію та інші параметри.
  6. Глобальний охоплення: Система надає доступ до глобальних даних, що дозволяє досліджувати як регіональні, так і глобальні явища.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №1. Знайомство зі штучними супутниками Землі

---

**Мета роботи:** ознайомлення з інтернет-платформами штучних супутників Землі.

**Вхідні дані:** браузер, інтернет-ресурси «How Many People Are In Space Right Now?», «Sky by Rogue Space» або «Stuff in Space»

### Порядок виконання роботи

**Ознайомлення з інтернет-ресурсами «How Many People Are In Space Right Now?» та «Sky by Rogue Space»**

Окрім природного супутника нашої планети, Місяця, існує значна кількість штучних супутників, які здійснюють щоденний моніторинг Землі та акумулюють широкий спектр даних.

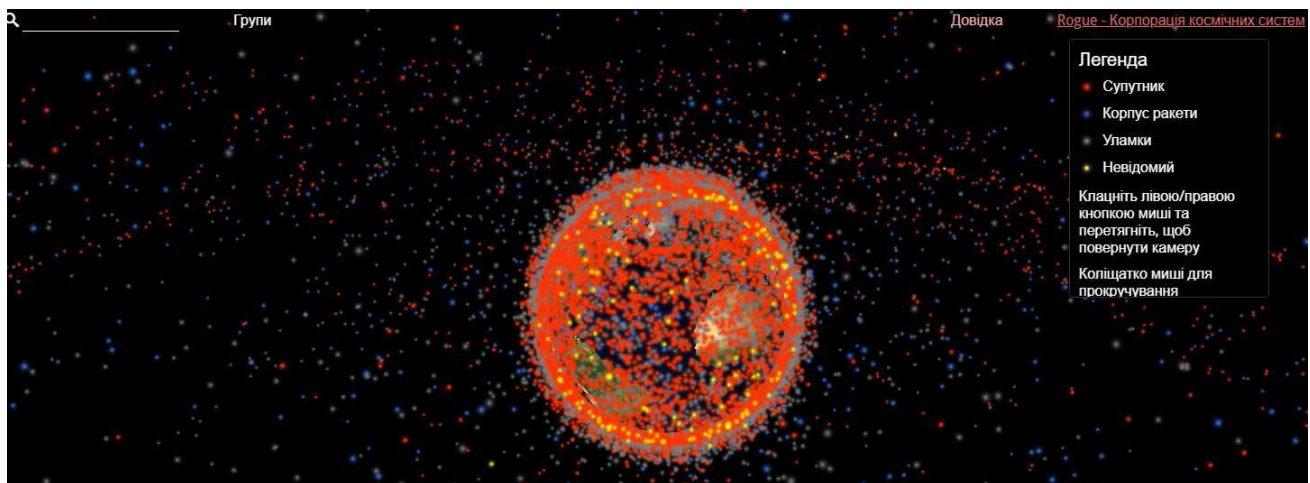
Однак, чи всі ці штучні супутники нині експлуатуються відповідно до їх первісного призначення? Які ще об'єкти, окрім інформаційних супутників, перебувають на орбіті нашої планети?

**How Many People Are In Space Right Now?** ([www.howmanypeopleareinspacerightnow.com](http://www.howmanypeopleareinspacerightnow.com)) — це простий і зручний вебсайт, який надає поточну інформацію про кількість астронавтів, що в даний момент перебувають у космосі. Крім загальної кількості, сайт надає імена астронавтів та додається інформація про їх місію та космічний апарат, на якому вони перебувають.

**Sky by Rogue Space** (<https://sky.rogue.space/>) розширена платформа **Stuff in Space** (<https://stuffin.space/>) слугує як передовий інструмент візуалізації для відстеження орбітальних об'єктів навколо Землі. Використовуючи тривимірний, інтерактивний інтерфейс, платформа надає дані в режимі реального часу щодо просторового розташування та траєкторій штучних супутників, космічного сміття

та інших створених людиною об'єктів у космосі. Платформа використовує дані, отримані з Мережі космічного спостереження США (SSN), щоб забезпечити точні дані Two-Line Element Set (TLE), гарантувавши точне представлення поточного статусу кожного об'єкта.

На сайті розміщена 3D модель Землі, якою можна маніпулювати, регулюючи точку зору та рівень масштабування для інспекції орбітальних шляхів і швидкостей окремих об'єктів. Детальні метадані для кожного об'єкта є доступними, включаючи орбітальні параметри, такі як нахил, ексцентриситет, велика піввісь та час епохи. Додатково, сайт класифікує об'єкти на активні супутники, непрацюючі супутники, ракети-носії та різне сміття, що сприяє цільовому аналізу (рис.1).



**Рис.1.** Платформа «Sky by Rogue Space»

### **Завдання**

1. Скільки астронавтів сьогодні перебуває на борту Міжнародної космічної станції?
2. Скільки астронавтів з США?
3. Написати стисло бібліографічну характеристику про одного американського/німецького астронавта на ваш вибір.
4. Знайти два супутники, користуючись рядком пошуку у верхньому лівому краю екрана та заповнити дані таблиці.

Характеристики	__назва супутника	__назва супутника
Рік запуску		
Міжнародний ідентифікатор		
Максимальна відстань (апогей)		
Мінімальна відстань (перигей)		
Нахил		
Поточна висота		
Швидкість		

Порядковий номер по списку в групі	Назви супутників
1, 11	SENTINEL 3B; LANDSAT 1
2, 12	SENTINEL 5P; LANDSAT 2
3, 13	SENTINEL 2B; LANDSAT 3
4, 14	SENTINEL 1B; LANDSAT 4
5, 15	ENVISAT; LANDSAT 5
6, 16	SENTINEL 2A; LANDSAT 6
7, 17	SENTINEL 1A; LANDSAT 7
8, 18	BIRKELAND; LANDSAT 8
9, 19	STARLINK-284; LANDSAT 9
10, 20	SUPERVIEW-1 04; LANDSAT 1

3. Знайти інформацію про один з об'єктів космічного сміття або ракети на ваш вибір

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Ознайомлення з платформою EO Browser

---

**Мета роботи:** ознайомлення з платформою EO Browser.

**Вхідні дані:** браузер, портал EO Browser.

Інтернет надає безпрецедентні можливості, зокрема дозволяючи нам спостерігати за нашою планетою з космосу прямо з наших домівок. Крім того, різні онлайн-платформи сприяють завантаженню супутникових зображень для подальшого аналізу та використання. Розглянемо деталі одного з таких сервісів.

EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) — це потужна платформа Європейського космічного агентства, яка надає доступ до великої кількості космічних знімків різної розрізненості. Ці знімки можна переглядати, аналізувати та завантажувати для подальшого використання. Платформа забезпечує доступ до даних із супутників: Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, Landsat, Envisat Meris, MODIS, Proba-V, GIBS, Planet.

**Завдання:** Створити акаунт на порталі EO Browser і розглянути територію міста Херсон за даними супутника Sentinel-2.

### Порядок виконання роботи

1. Відкрийте портал EO Browser (набравши «eo browser» в будь-якій пошуковій системі і перейшовши за першим покликанням: *Sentinel-hub EO-Browser* (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>)).

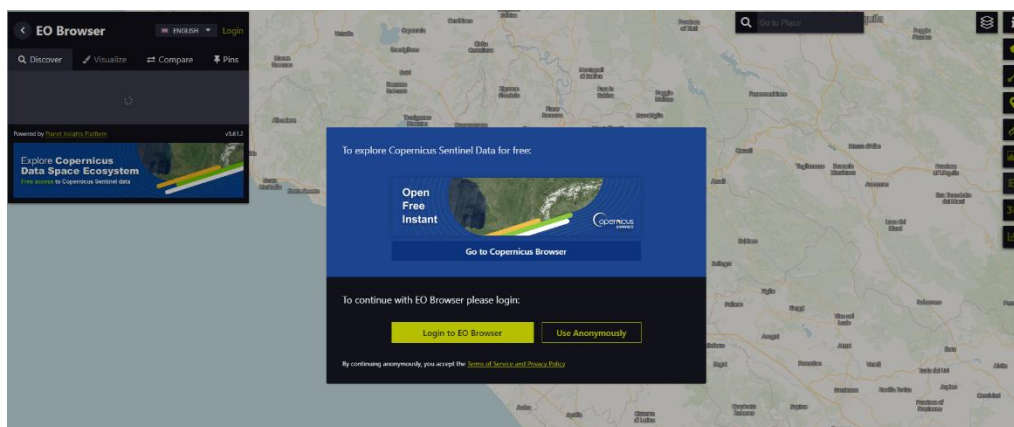


Рис. 2. Початкова сторінка EO Browser

Для зручності з випадаючого списку (рис. 3) обрати українську мову.

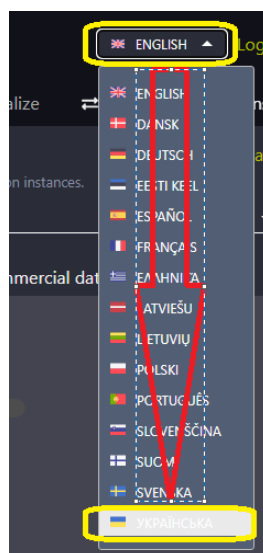


Рис. 3. Список мов EO Browser

2. Для реєстрації натиснути кнопку «Увійти» (рис.4):

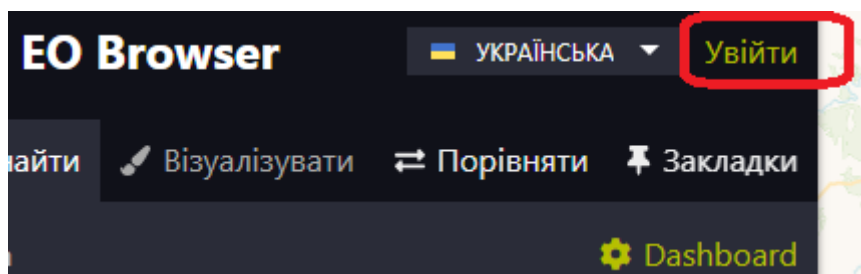


Рис. 4. Вхід у систему

На сторінці входу в профіль обрати «No account? Sing up here» (рис.5)

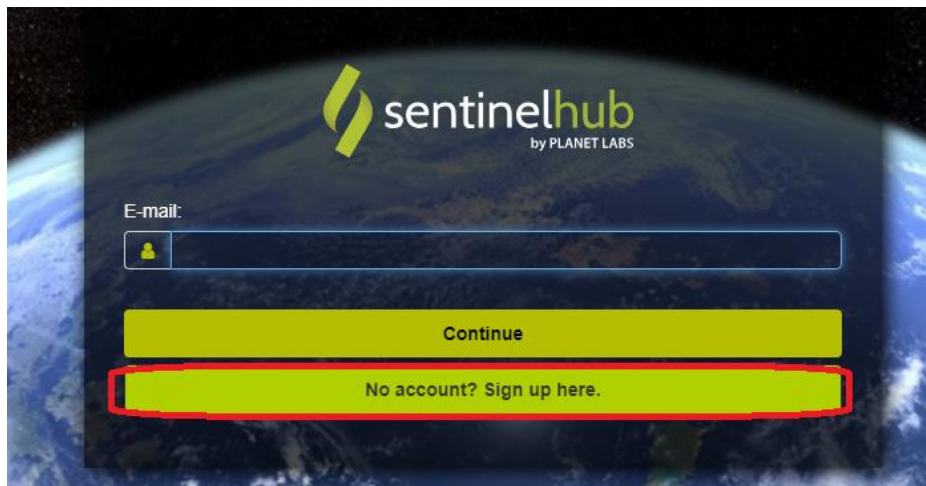
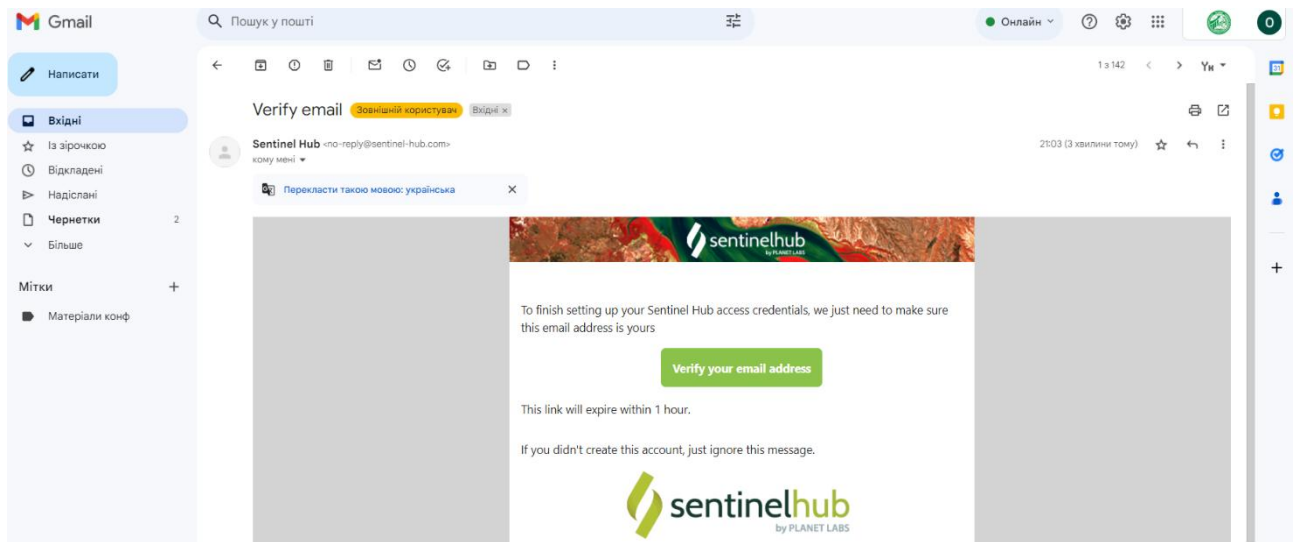


Рис. 5. Сторінка авторизації в системі

В анкеті реєстрації профілю заповніть всі необхідні дані (рис. 6):

Рис. 6. Анкета реєстрації

Після заповнення анкети потрібно верифікувати пошту, натиснувши на відповідну кнопку у вхідному листі від платформи:



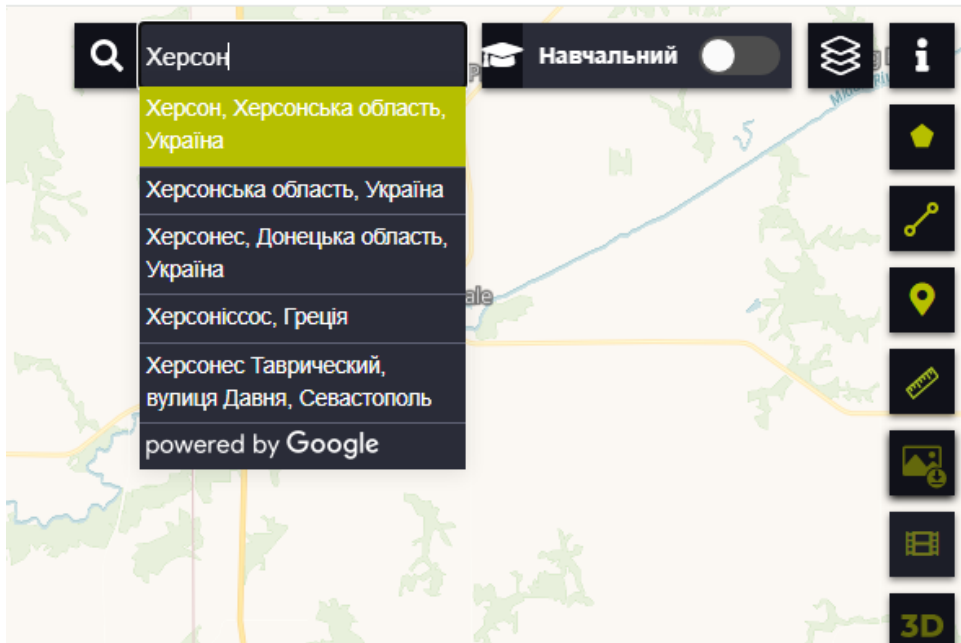
**Рис. 7.** Лист верифікації електронної скриньки

3. Авторизуйтеся, зайшовши на сайт з використанням назви своєї поштової скриньки та паролю від платформи EO Browser. Натисніть на «*Увійти*» (рис.8).



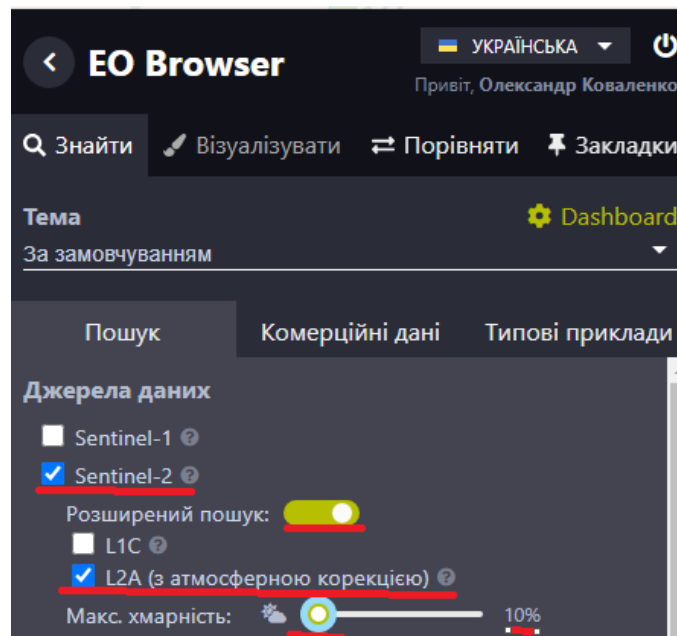
**Рис. 8.** Авторизація на платформі

4. В полі пошуку по територіям введіть «*Херсон*» і зі спадаючого списку оберіть необхідну територію (рис.9).



**Рис. 9.** Поле пошуку територій

5. На панелі інструментів для визначення параметрів зйомки виберіть джерело даних – Sentinel-2 (при цьому, натиснувши на **?**, можна прочитати детальну інформацію про супутник) і обрати розширений пошук. Рівень обробки даних: L2A (з атмосферною корекцією) і максимальною хмарністю – 10 %.



**Рис. 10.** Налаштування пошукового запиту

Оберіть часовий проміжок серпень 2022 – серпень 2024 (тільки обирати на календарі, а не вводити цифрами) і натиснути «Пошук»

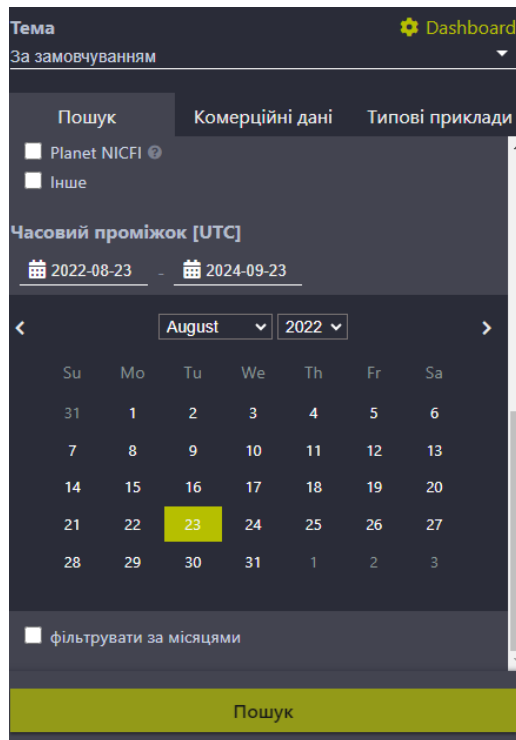
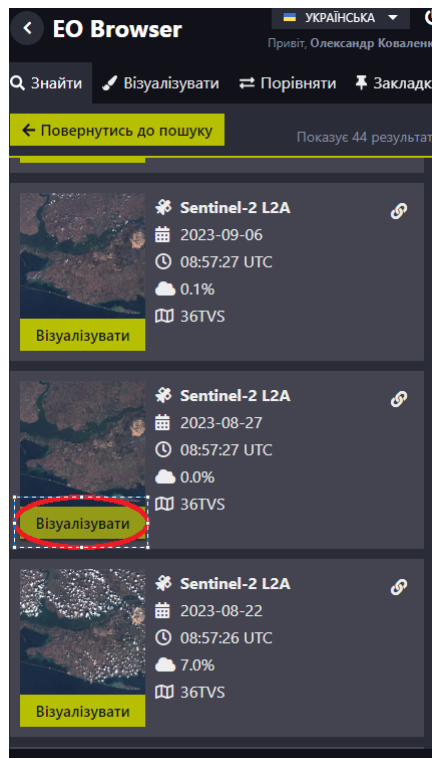


Рис. 11. Панель вибору часового інтервалу

Унаслідок цього завантажиться перелік наявних у каталозі знімків за визначеними критеріями, які можна переглянути в закладці Знайти.

6. Перегляньте знімки, гортаючи їх перелік на лівій панелі інструментів, і знайдіть знімок за 27.08.2023 р., натисніть кнопку «Візуалізувати» для його відображення в робочому вікні EO Browser.




**Рис. 12.** Перелік знімків

7. Вибраний знімок відобразиться у робочому вікні, а на лівій панелі відкриється меню Візуалізувати для налаштування відображення знімка. За замовчуванням знімок відображається в природних кольорах – *True color*, тобто зображення буде схоже на фотографію місцевості згори. Перегляньте, який територія матиме вигляд у штучних кольорах – *False color*.

За допомогою колеса прокрутки миші або інструменту +/-, що міститься в нижньому правому куті екрана, наблизьте зображення таким чином, щоб у робочому вікні одночасно знаходилися Зимівник, Шуменський, Острів та Центр.



Рис. 13. Знімок Sentinel-2 L2A за 27 серпня 2023 року

8. Для того щоб знову мати змогу шукати знімок у переліку, потрібно натиснути на значок  додати до закладок на панелі інструментів з лівої частини екрана, і він з'явиться серед ваших улюблених знімків у рубриці «Закладки».

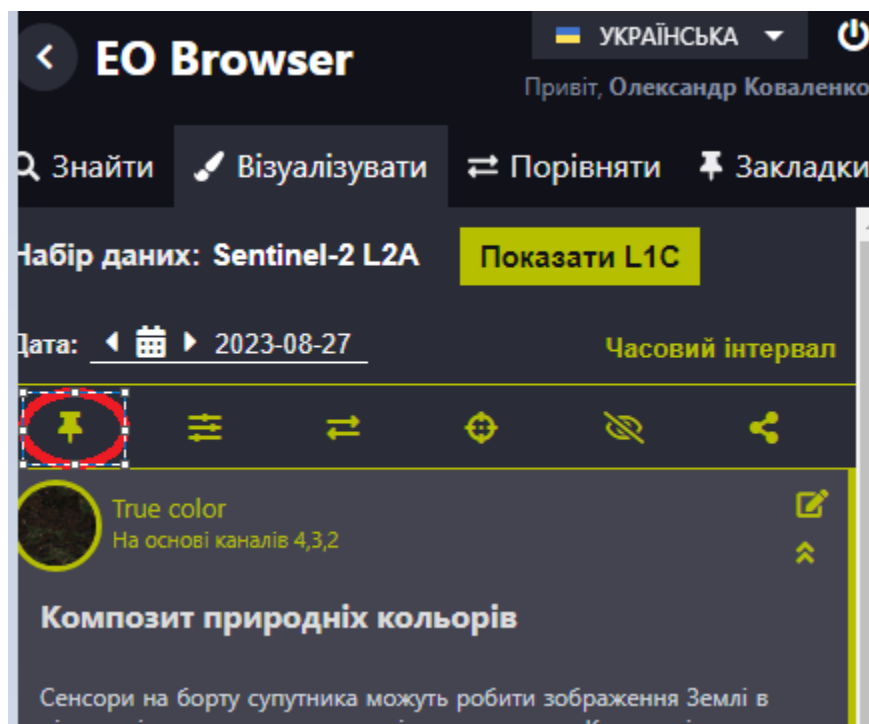



Рис. 14. Додавання до закладок

9. Поверніться до вкладки Знайти і пошукайте в переліку ще один знімок за 11.10.2022 і також додайте його в закладки.

10. Зберегти знімки можна за допомогою кнопки  Звантажити зображення, що розташована праворуч на панелі інструментів, і Завантажити у вкладці «Основні».

В результаті завантажиться знімок як зображення, яке ви бачите на екрані.

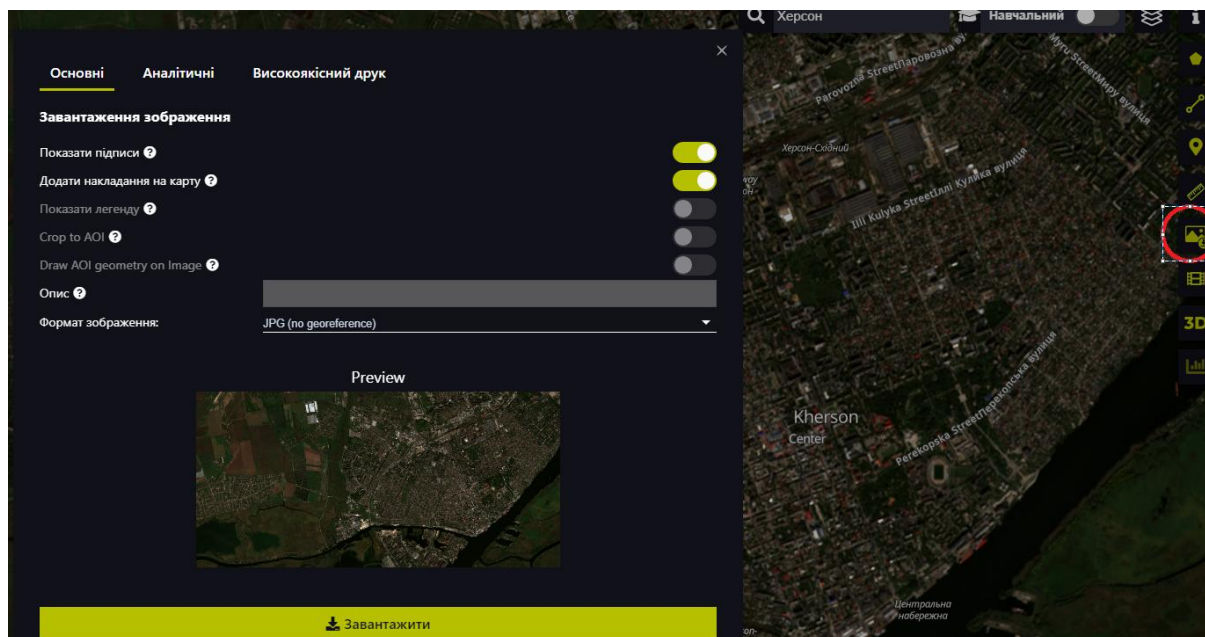


Рис. 15. Основні параметри знімка для завантаження

Також можна зберегти космічний знімок з географічною прив'язкою, щоби потім мати змогу відкрити його в будь-якій ГІС-програмі. Перейшовши на другу вкладку у вікні збереження – Аналітичні, можна змінити Формат зображення, Систему координат, а також вибрати варіант візуалізації – різні спектральні індекси, *True color* (природні кольори) або Необроблені дані, що дає змогу зберегти окремо вибрані канали супутникового знімка, наприклад *B2*, *B3*, *B4* тощо.

На останній вкладці в цьому вікні – Високоякісний друк – можна завантажити зображення з високою просторовою розрізненістю.

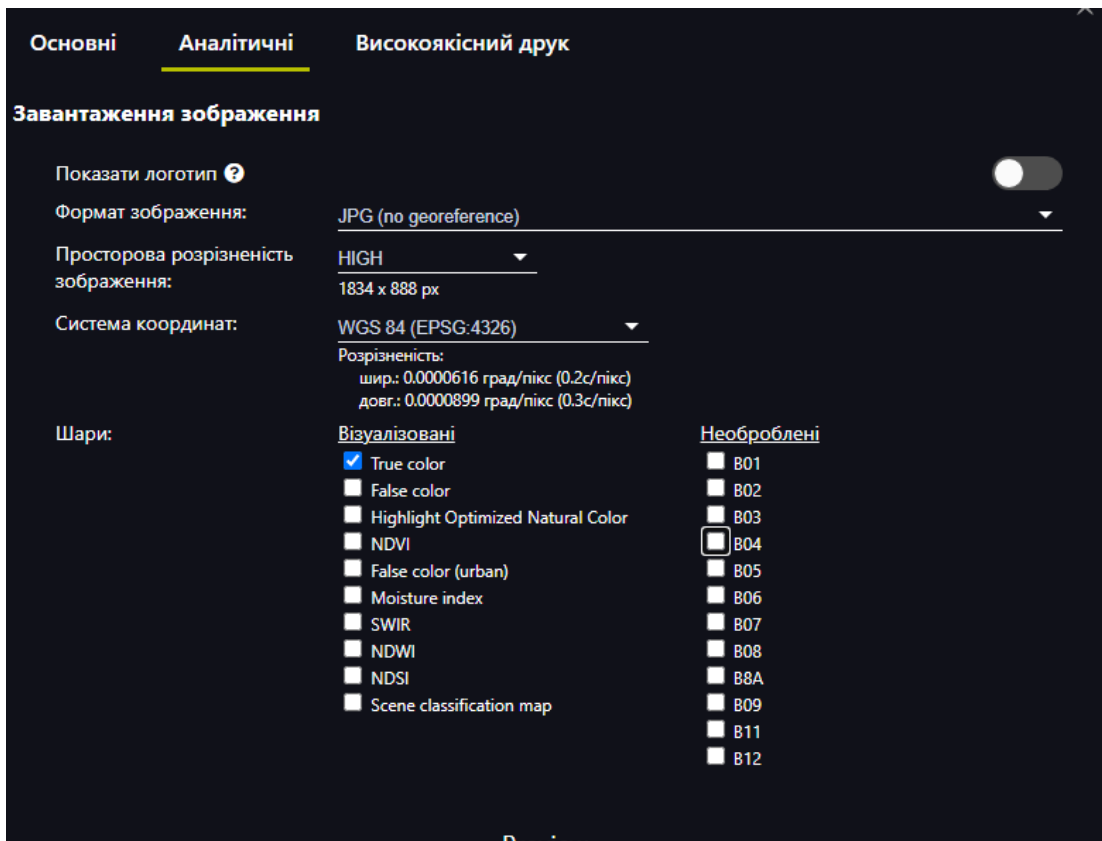


Рис. 16. Аналітичні параметри знімка для завантаження

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Оцінка та аналіз наслідків лісової пожежі в Херсонській області

---

**Мета роботи:** оцінити наслідки лісової пожежі в Херсонській області платформою EO Browser.

**Вхідні дані:** браузер, портал EO Browser

27 травня 2018 р. У Херсонській області вже кілька годин триває масштабна лісова пожежа, як передає УНН (UNN) з посиланням на пресслужбу ДСНС. «...о 13:25 до Оперативно-координаційного центру ГУ ДСНС у Херсонській області від чергового Національної поліції надійшло повідомлення про пожежу в 3-му і 4-му кварталах Раденського лісництва Олешківського району».

**Завдання:** Знайти місце пожежі, порахувати площу згорілого лісу, проаналізувати, чи відбувається лісовідновлення на цій території.

### Порядок виконання роботи

1. Відкрийте портал EO Browser (набравши eo browser на сайті Google у пошуку і перейшовши за першим покликанням: Sentinel-hub EO-Browser або набравши повністю покликання <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>).
2. Увійдіть на портал (авторизуйтеся).
3. У рядку пошуку території введіть «Раденськ» і натисніть на збільшуюче скло для наближення до населеного пункту:

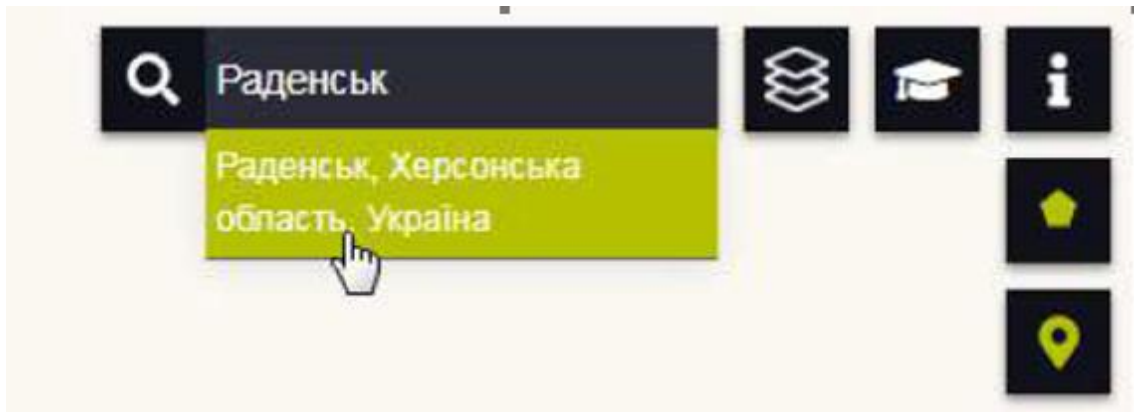


Рис. 17. Поле пошуку

4. На панелі визначення параметрів зйомки виберіть:

- Джерела даних – Sentinel-2 / L2A;
- Макс. хмарність – 10 %;
- Часовий проміжок – із 25 травня 2018 р. по 25 червня 2018 р.;
- натиснути «Пошук».

Унаслідок цього завантажиться перелік наявних у каталозі знімків за визначеними критеріями.

5. Перегляньте знімки, гортаючи їх перелік на лівій панелі вмісту, і знайдіть найперший наявний знімок з дати виникнення пожежі, натисніть кнопку «Візуалізувати».

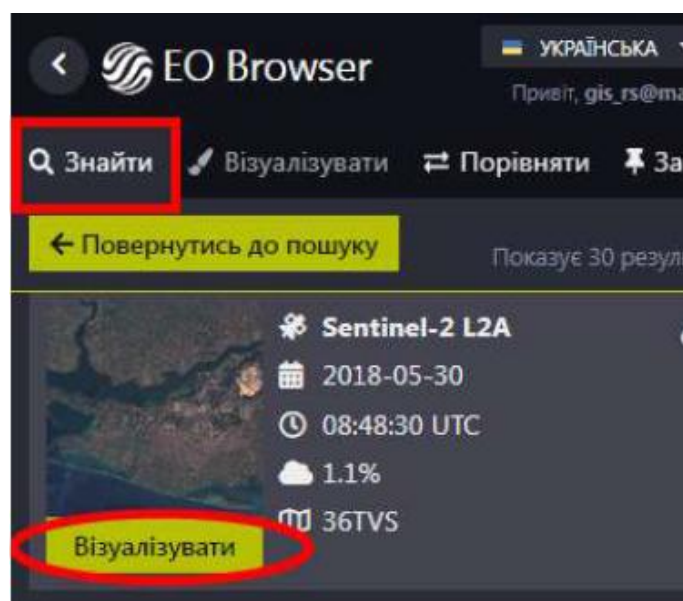


Рис. 18. Супутниковий знімок 30 травня 2018 року

Вибраний знімок має відобразитися в картографічному вікні, а на лівій панелі відкриється меню для налаштування відображення знімка «Візуалізувати».

6. Знайдіть лісовий масив, населений пункт, річку, дорогу та пустелю Олешківські піски. За замовчуванням знімок відображається у видимому діапазоні, тобто зображення має бути схоже на фотографію місцевості згори.

7. Натисніть на кнопку «Індивідуальні налаштування» на лівій панелі в меню для обрання спектральних діапазонів «вручну».

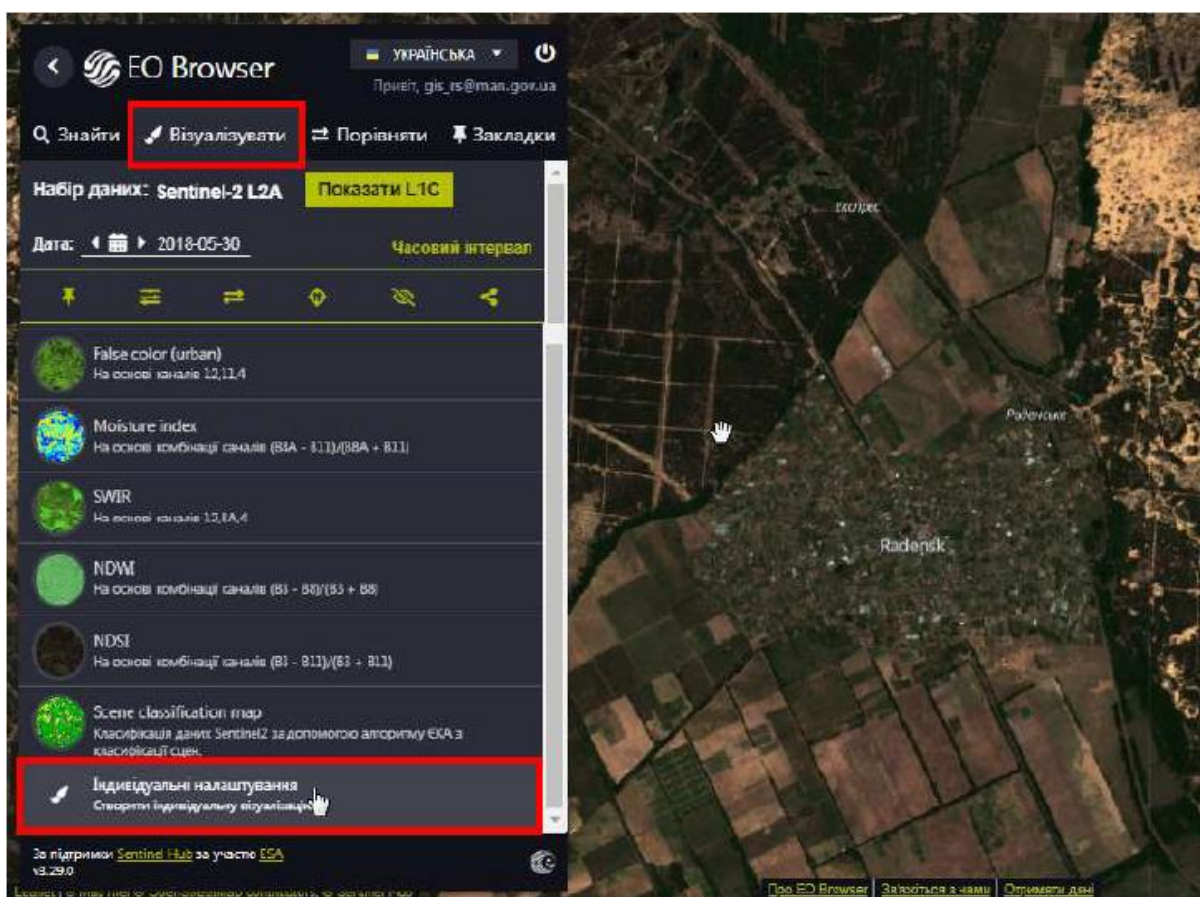


Рис. 19. Індивідуальні налаштування

Унаслідок цього відкритися панель для комбінування різних спектральних каналів.



**Рис. 20.** Панель спектральних каналів

Під час перетягування ярликів з номерами спектральних каналів супутникового знімка Sentinel-2 в нижній ряд R:..G:..B:.. буде формуватися кольорове зображення. Колір ярлика з номером каналу вказує на відповідний діапазон спектра.





**Рис. 21.** Діапазон спектра каналу

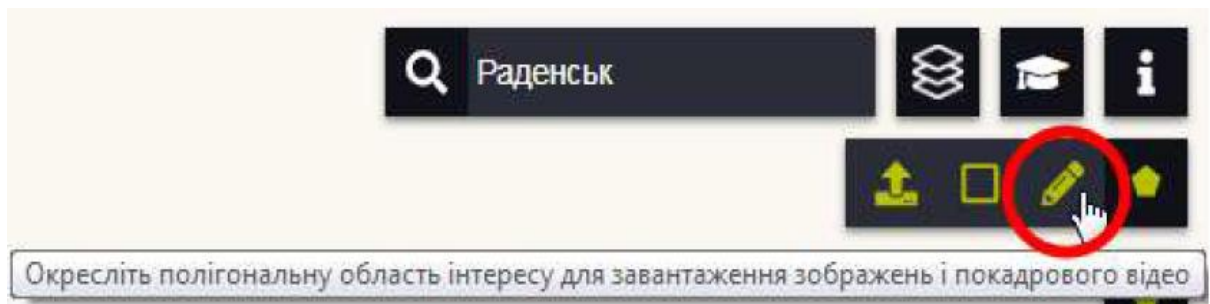
Заповніть таблицю, по чергово наводячи курсор миші на кожен із ярликів з номером каналу:

Канал	Діапазон спектра
B01	
B02	
B03	
B04	
B05	
B06	
B07	
B08	
B09	
B10	
B11	
B12	
B8A	

Потрібно підібрати таку комбінацію каналів, щоб у лісовому масиві, розташованому на північ від Раденська, згоріла ділянка лісу стала помітною. Комбінація каналів із застосуванням інфрачервоного діапазону дасть змогу виявити згорілу і пошкоджену рослинність.

Дізнатися більше про різні комбінації каналів ви можете в розділі «Найбільш популярні комбінації каналів для Sentinel 2a і Landsat» (див. Додаток 1 і Додаток 2).

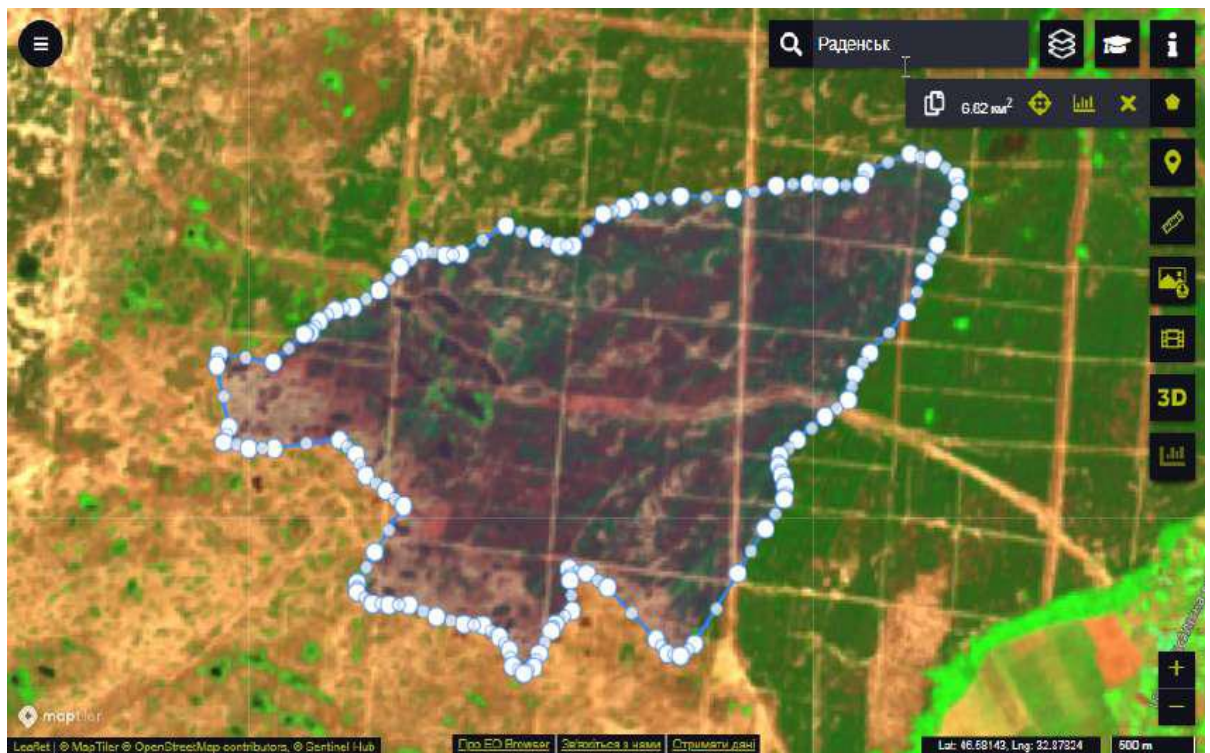
8. На правій панелі виберіть інструмент  *Окресліть полігональну область інтересу* для оцифрування полігонів, виберіть інструмент  й обрисуйте ним площу згорілої ділянки лісу.



**Рис. 22.** Окреслення полігональної області

Для завершення оцифрування полігона останню точку потрібно поставити на першу точку.

Унаслідок цього на панелі для оцифрування відобразиться площа окресленого полігона.



**Рис. 23.** Площа горілого лісу

Для того щоб проаналізувати, чи відбувається лісовідновлення на цій території, можна використати інструмент для створення часової серії зображень, – нижній інструмент у правому меню «Створити покадрову анімацію» (рис.24).

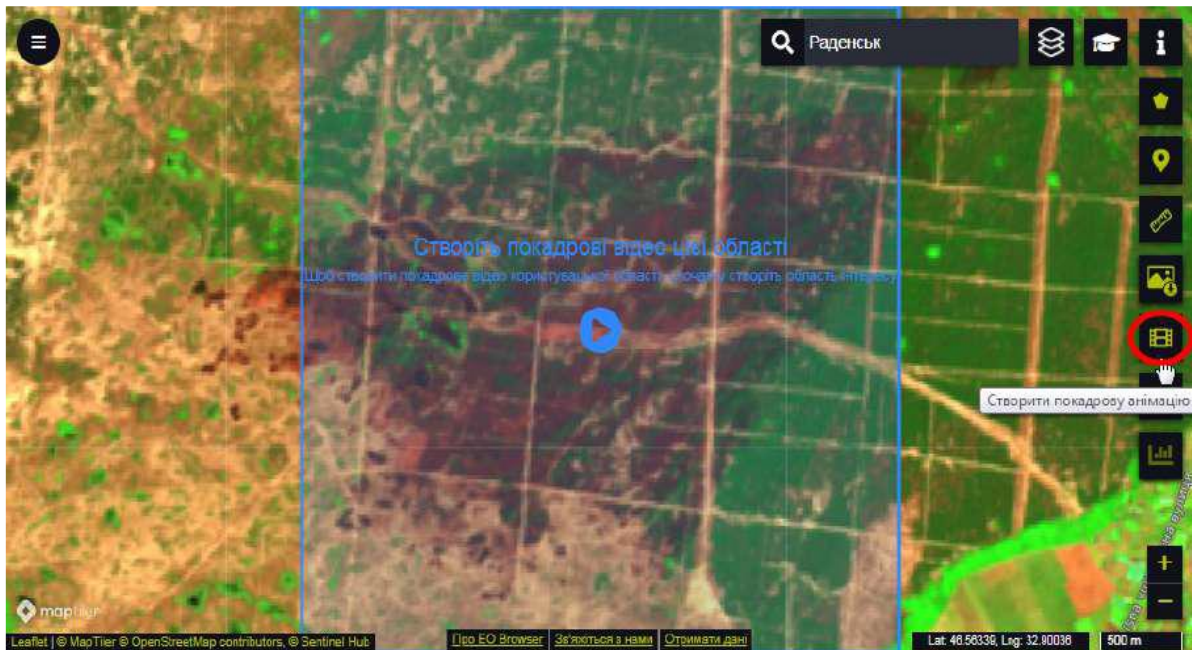


Рис. 24. Інструмент створення покадрової анімації (таймлапс)

В результаті відкритися вікно для налаштування таймлапса.

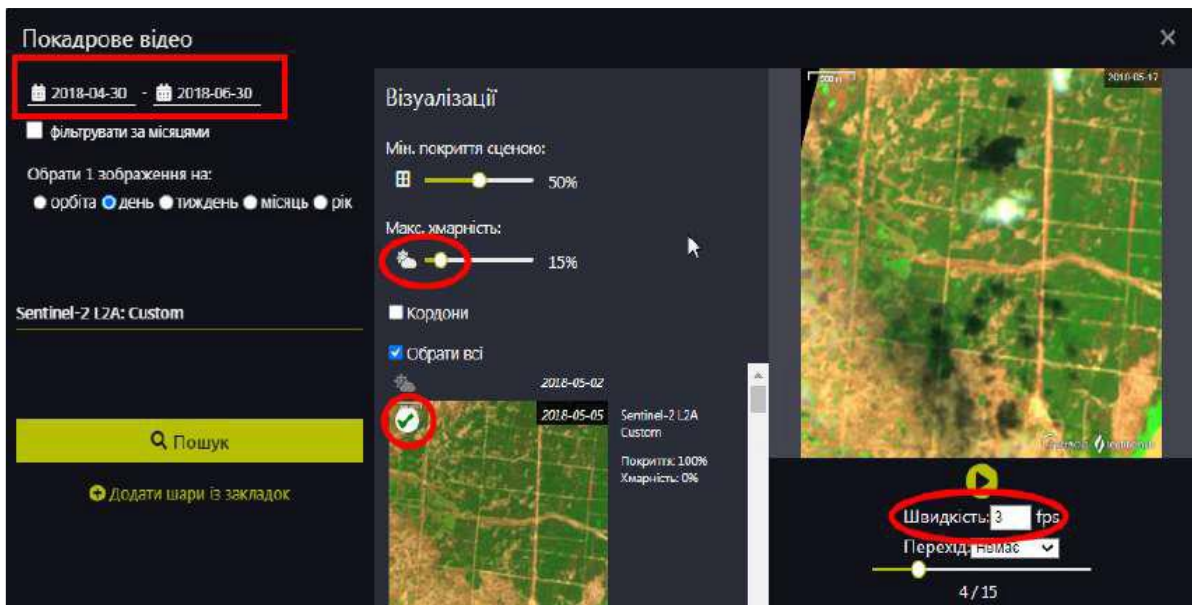



Рис. 25. Панель налаштування анімації

9. Налаштуйте анімацію, вказавши часовий період з 30.04.2018 р. по 30.06.2018 р., хмарність 15 %, і натисніть кнопку пошуку, далі перегляньте перелік зображень і зніміть чекбокс з неповних і хмарних зображень. У нижньому віконці Швидкість збільште швидкість анімації до 3 і натисніть .

10. Натисніть кнопку *Завантажити* – в результаті анімація збережеться як окремий файл з анімацією у форматі GIF, який надалі можна відкривати без підключення до інтернету.



**Рис. 26.** Завантаження анімації

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №4. Наслідки підриву Каховської ГЕС

---

**Мета роботи:** оцінити наслідки підриву Каховської ГЕС в Херсонській області за допомогою платформи EO Browser.

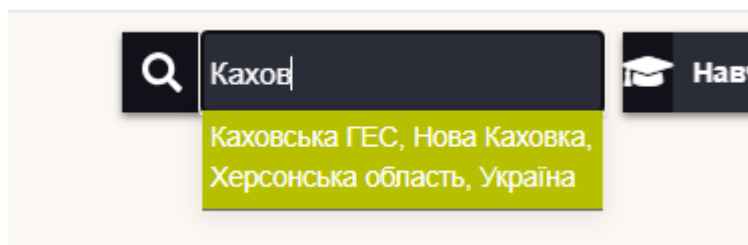
**Вхідні дані:** браузер, портал EO Browser

Знищення греблі Каховської гідроелектростанції (Каховська катастрофа) — воєнний злочин та потенційно акт екоциду, здійснений армією росії 6 червня 2023 року о 02:50 під час російського вторгнення до України.

**Завдання:** Знайти Каховську ГЕС, проаналізувати наслідки. Створити покадровий таймлапс.

### Порядок виконання роботи

1. Відкрийте портал EO Browser (набравши eo browser на сайті Google у пошуку і перейшовши за першим покликанням: Sentinel-hub EO-Browser або набравши повністю покликання <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>).
2. Увійдіть на портал (авторизуйтеся).
3. У рядку пошуку території введіть «*Каховська ГЕС*» і натисніть на збільшуюче скло для наближення до населеного пункту:



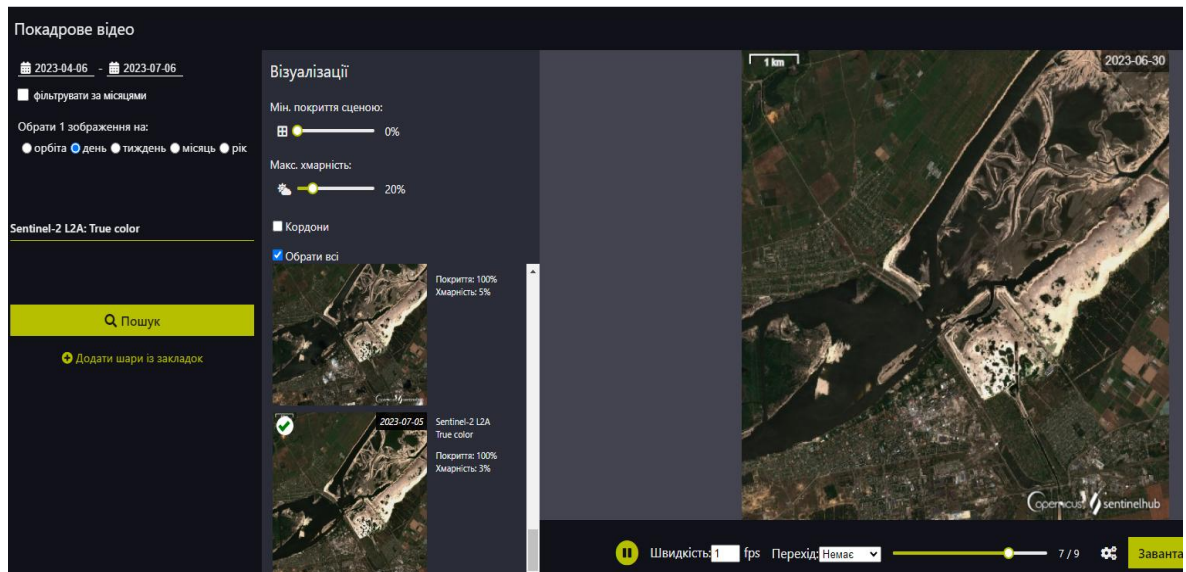
**Рис. 27.** Поле пошуку

4. На панелі визначення параметрів зйомки виберіть:
  - Джерела даних – Sentinel-2 / L2A;
  - Макс. хмарність – 20 %;

- Часовий проміжок – із 06 квітня 2023 р. по 06 липня 2023 р.;
- натиснути «Пошук».

Унаслідок цього завантажиться перелік наявних у каталозі знімків за визначеними критеріями.

5. Створити таймлапс зі швидкістю 1. Порядок виконання цієї роботи аналогічний до практичної роботи №3.



**Рис. 28.** Створення таймлапсу

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5. Знайомство з віртуальним глобусом

### Google Earth Pro

---

*Мета роботи:* ознайомлення з Google Earth Pro.

*Вхідні дані:* програмне забезпечення Google Earth Pro.

Google Earth платформа із зручним та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, який надає можливість досліджувати нашу планету з космосу, — це «віртуальний глобус» від компанії Google. За допомогою цього інструменту можна переглядати тривимірну модель не лише Землі, а й Марса та Місяця, з накладеними аеро- та космознімками високої і надвисокої просторової роздільної здатності. Крім того, платформа пропонує різноманітні тематичні шари, що забезпечують доступ до актуальної та багатовимірної геоінформації.

На сьогодні доступні дві спрощені версії додатка Google Earth: вебверсія для роботи через інтернет та версія для мобільних пристроїв, яка дозволяє досліджувати планету прямо на екрані смартфона або планшета. Однак найбільш ефективною для наукових досліджень є розширена версія Google Earth Pro для комп'ютерів. Ця версія підтримує імпорт і експорт геоінформаційних даних (ГІС) і надає функцію перегляду історичних зображень, що дає змогу досліджувати минулі зміни на земній поверхні.

#### **Завдання:**

1. Ознайомлення з інтерфейсом програми. Визначити відстань між вашим населеним пунктом та столицею України, а також створити профіль рельєфу на цьому маршруті.

2. Переглянути доступні тематичні шари, завантажені в програмі Google Earth.

## Порядок виконання роботи

1. Завантажте і встановіть розширену програму на комп'ютер.

Зайдіть на офіційний сайт програми Google Планета Земля <https://www.google.com/intl/uk/earth/about/versions/> і на головній сторінці натисніть на закладку *Версії додатка Планета Земля* для вибору необхідного типу інсталяції програми – *Google Планета Земля Про* для комп'ютера.

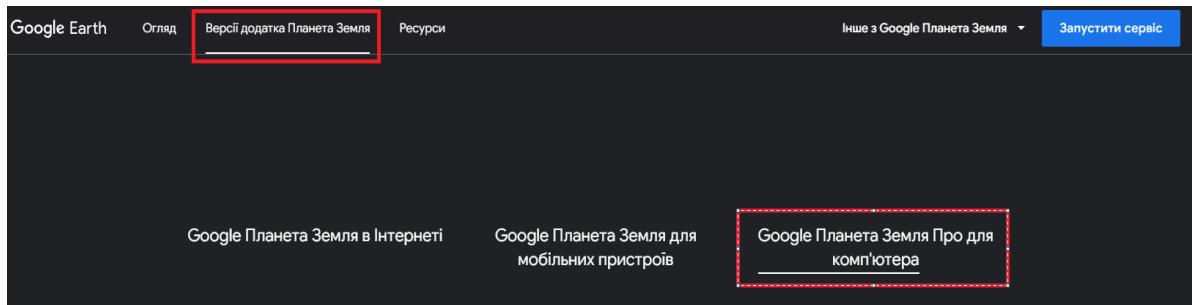


Рис. 29. Сайт завантаження Google Планета Земля

Прийняти умови та завантажити і встановити програмне забезпечення на комп'ютер (рис. 30).

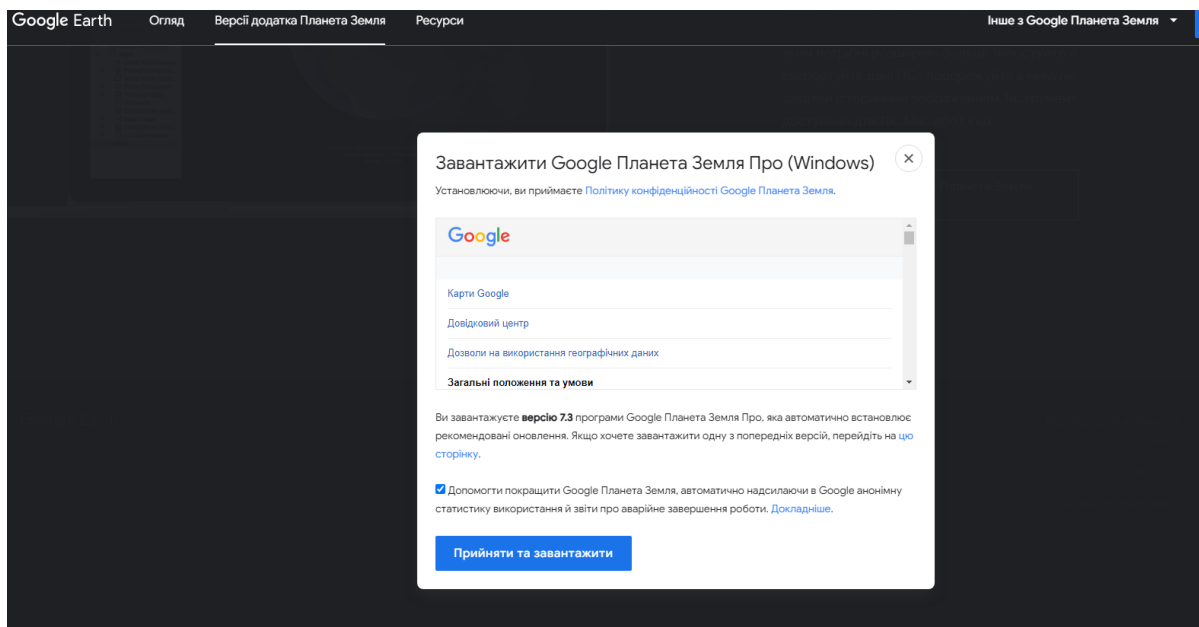


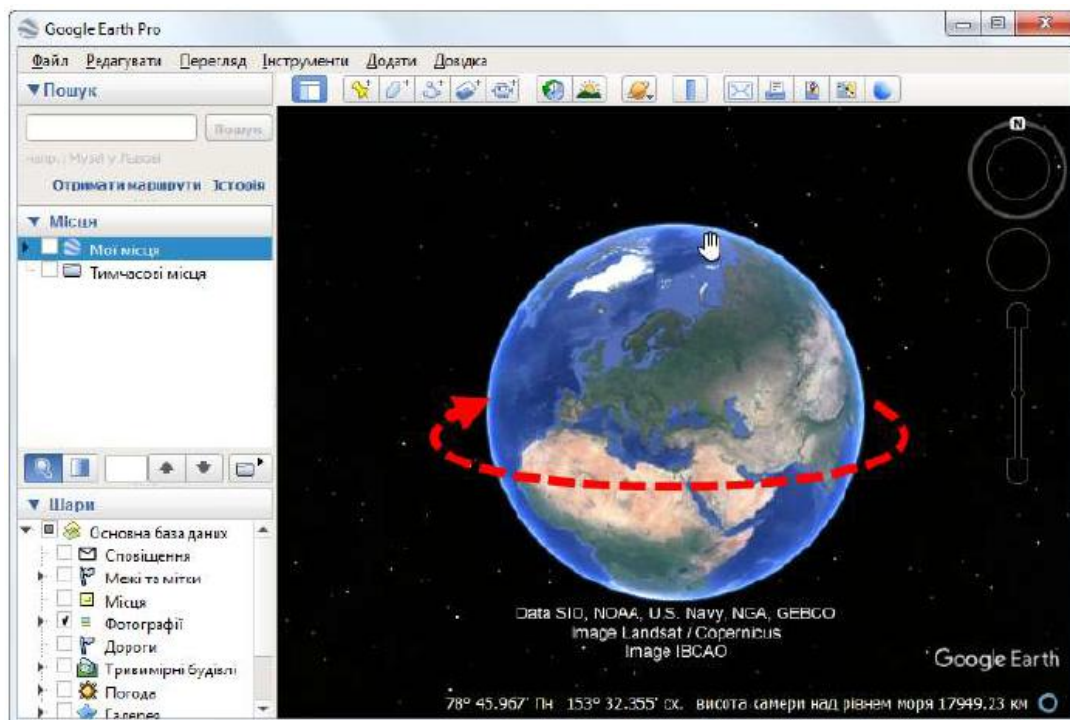
Рис. 30. Умови використання

Після завантаження інсталяції і встановлення програми на комп'ютер на робочому екрані з'явиться піктограма Google Earth Pro. Тепер можна розпочати вивчення нашої планети.



**Рис. 31.** Піктограма Google Earth Pro

2. Спершу самостійно поекспериментуйте. Спробуйте надати планеті швидкості обертання за допомогою миші — просто перемістіть її в потрібному напрямку, утримуючи ліву кнопку. Ви помітите, що планета може обертатися в будь-який бік із заданою вами швидкістю.



**Рис. 32.** Google Earth Pro






### 3. Ознайомтеся з панеллю інструментів (рис. 32)








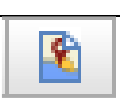
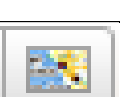



**Рис. 33.** Панель інструментів

Розробники умовно поділили їх за функціями, яких є шість. Частина інструментів дає змогу створювати мітки, маршрути, здійснювати віртуальні подорожі, записувати і зберігати їх для відтворення. Інші інструменти допоможуть створити анімацію, наочно проілюструвати і пояснити явища зміни пір року, руху Землі навколо Сонця та чергування дня і ночі. До ваших послуг інструменти, які дають змогу вимірювати точну відстань між географічними об'єктами, роздивитися небесні тіла у віртуальному планетарії, а також зберегти та поділитися з іншими зображеннями з екрана за допомогою електронної пошти, принтера, переглянути певні об'єкти за допомогою сервісу Google Maps.

#### Функціональні елементи панелі

Елемент пенелі	Функція та характеристики
	<i>Показати / приховати бічну панель</i> – приховує бічну панель, на якій відображається рядок пошуку, історія ваших подорожей, ваші місця, а також шари, доступні для накладання на поверхню планети
	<i>Додати мітку</i> – дає змогу створити активну мітку на поверхні планети. Інформацію про вибране місце ви зможете відразу ввести у вікні, що відкриється
	<i>Додати багатокутник</i> – дає змогу виділити певну територію, означивши її багатокутником. Його розмір регулюєте за допомогою клавіш миші. Створений полігон можна зберегти в « <i>Моїх місцях</i> »
	<i>Додати шлях</i> – дає змогу прокласти шлях між географічними точками і зберегти його в « <i>Моїх місцях</i> »
	<i>Додати накладання зображення</i> – накладати зображення на певну географічну точку або територію. Створену «прив'язану» карту можна зберегти в « <i>Моїх місцях</i> »

	<i>Запис подорожі</i> – зробити запис віртуальної подорожі і зберегти її в «Моїх місцях», а потім відтворювати безмежну кількість разів
	<i>Показати зображення в часі</i> . Скористайтеся повзунком часу, щоб переміщатися між датами отримання зображення або ж скорочено можна назвати інструмент «хронографом» – дає змогу продемонструвати динамічне зображення, тобто зміни зображення в часі
	<i>Показати, як падає сонячне світло на ландшафт</i> . Скористайтеся повзунком часу, щоб вибрати пору дня – скористайтеся інструментом «хронограф», щоби продемонструвати зміни освітленості в динаміці. Можна і без «хронографа» показати, де зараз день і ніч, просто обертаючи Землю за допомогою миші
	<i>Переключати режим перегляду «Земля», «Небо» та інших планет</i> – дає змогу вибирати режими перегляду. На цей момент маєте вибір «Земля», «Небо», «Місяць», «Марс»
	<i>Показати лінійку</i> – для вимірювання відстаней
	<i>Електронна пошта</i> – надіслати електронний лист із зображенням екрана, не відкриваючи поштовий сервіс
	<i>Друк</i> – надрукувати знімок екрана, останні результати пошуку або вміст вибраної папки з «Моїх місць»
	<i>Зберегти зображення</i> – зберегти створену тематичну карту чи космічний знімок у різній просторовій розрізненості
	<i>Переглянути в картах Google</i> – не покидаючи Google Earth, перейти до перегляду певного місця в Google Maps
	<i>Переглянути через Google Планета Земля в інтернеті</i> – покликання на вебверсію Google Планета Земля для Chrome

4. Визначимо відстань від населеного пункту до столиці України і побудуємо профіль рельєфу.

У вікні праворуч вгорі прописуємо маршрут: «Київ – Херсон», натискаємо активний вираз *Отримати маршрути*. З'являється синя лінія маршруту.

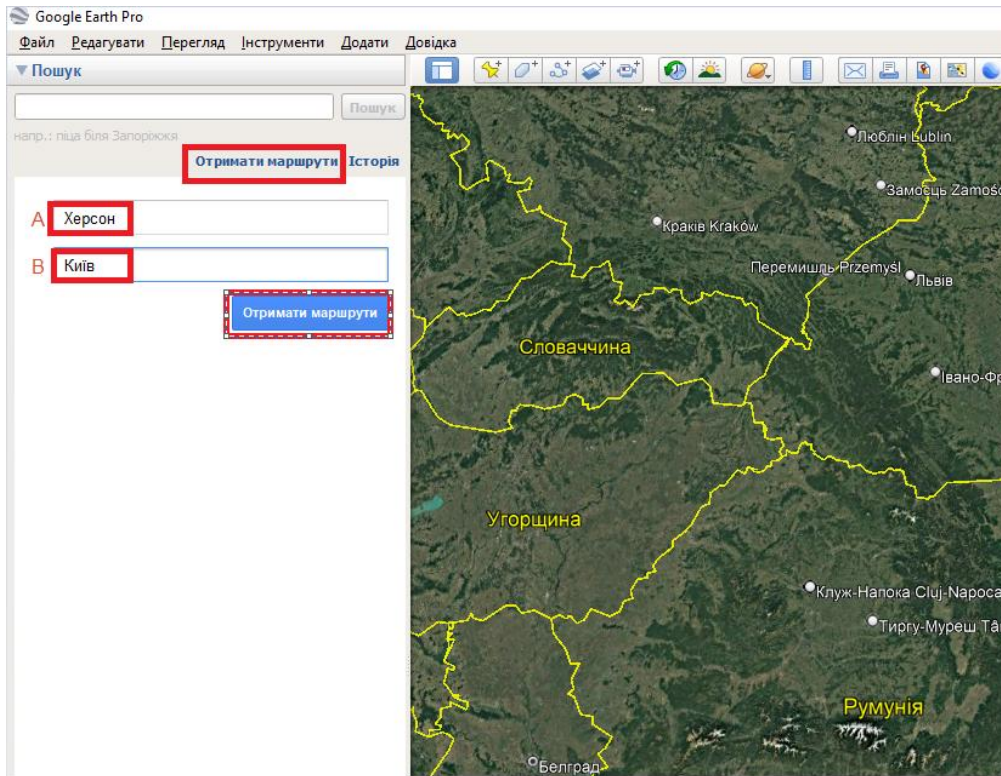


Рис. 34. Панель маршрутів

Вибираючи варіанти руху, можна побачити, скільки знадобиться часу і яка відстань у кілометрах (рис. 35).

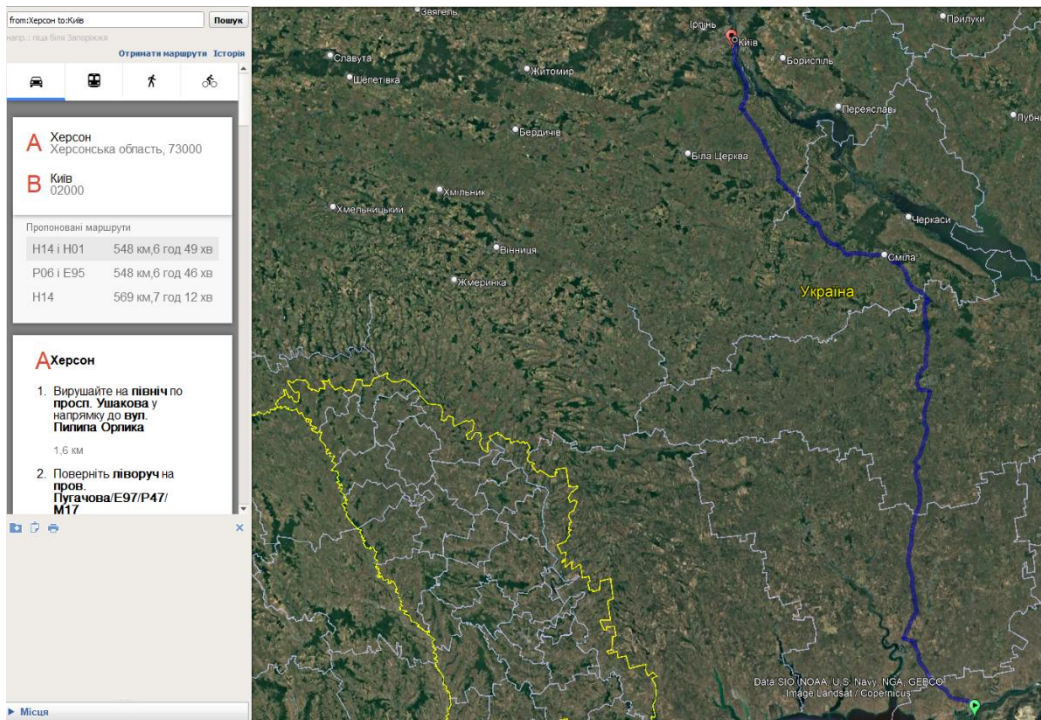


Рис. 35. Варіанти маршрутів

Порівняйте і напишіть, скільки часу займе створений маршрут від Вашого міццезнаходження до Києва і яка це відстань у кілометрах, якщо подолати її:

автомобілем	
громадським транспортом	
пішки	
велосипедом	

5. Правою клавішею мишки й активуємо вікно *Показати профіль рельєфу*. Керуючи бігунком по профілю, отримуємо онлайн-зображення відповідної точки, також маємо показники висоти і довжини. Залежно від розміщення бігунка на певній території з'являється активна вертикальна лінія на профілі рельєфу.

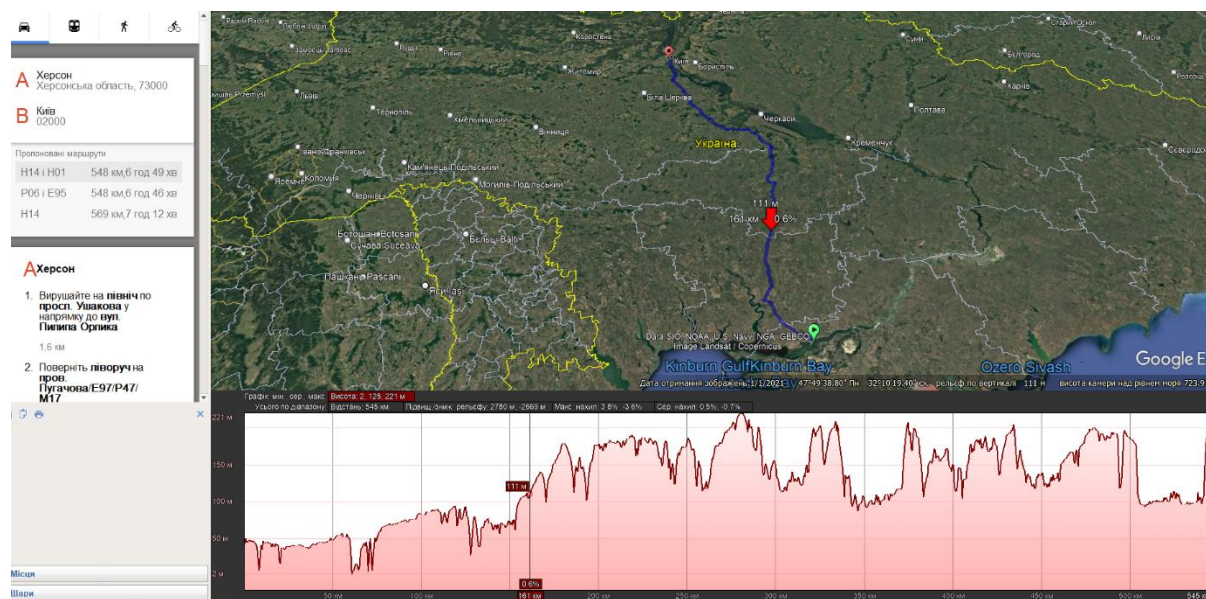


Рис. 36. Профіль маршрута

Для того щоби пройти по профілю рельєфу, пересуньте на самому профілі активний повзунок. При цьому, утримуючи ліву клавішу мишки, можна виділити певний фрагмент маршруту.

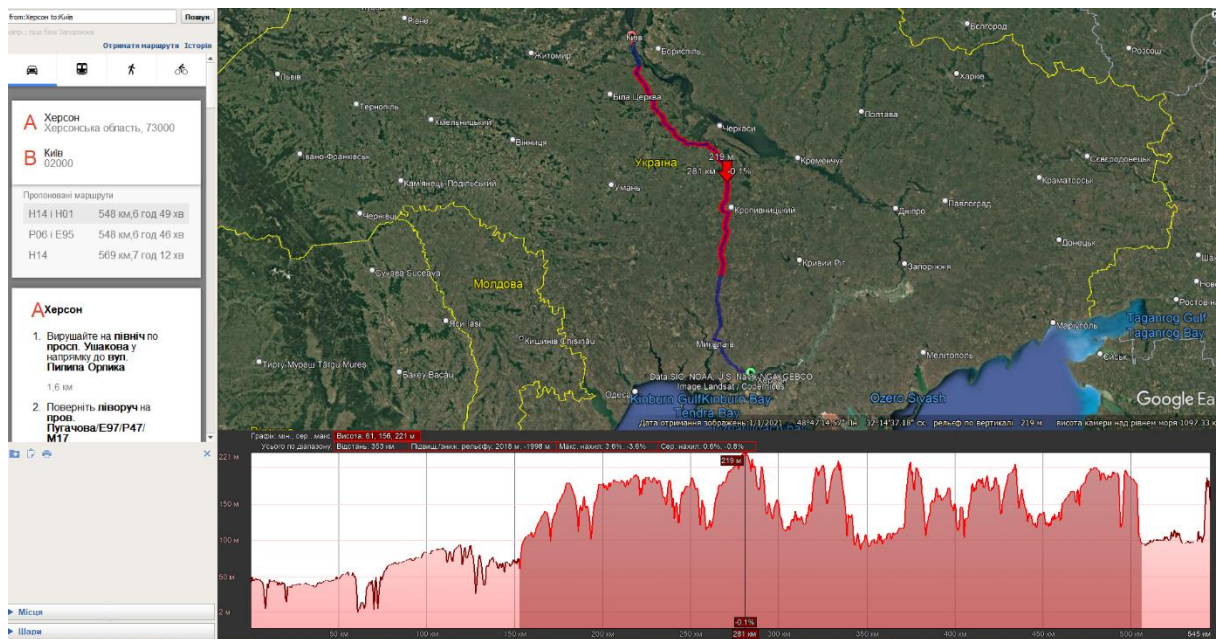


Рис. 37. Виділення частини профіля маршрута

б. Наступний крок – вимірювання відстані між населеними пунктами «Київ – Херсон». За допомогою інструменту «лінійка» з’єднуємо точки: Р-1 «Київ» і Р-2 «Херсон». Для цього клацніть мишкою, щоб встановити точку початку лінії, і другим кліком вкажіть другу точку, де буде закінчуватися лінія вимірювання.

В активному вікні маємо показник у відстані між точками – 451,31 км і додаткові показники, як-от напрямок у градусах – 159,25 тощо. Чим точніше будуть зазначені точки, тим точнішими будуть показники відстаней.

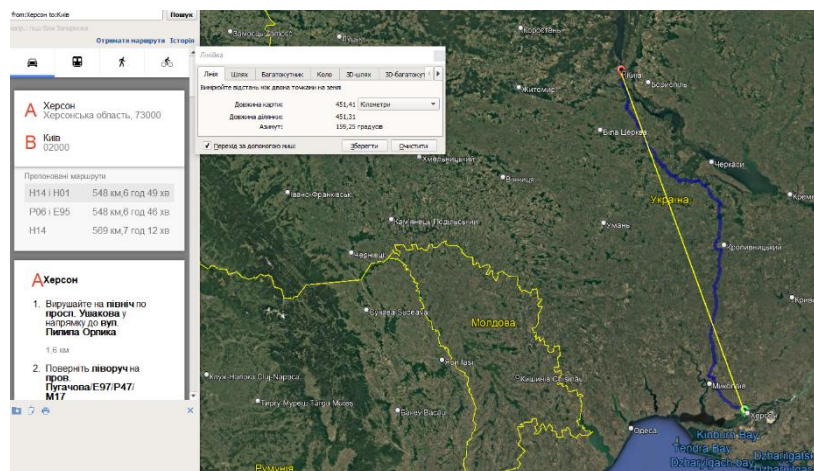
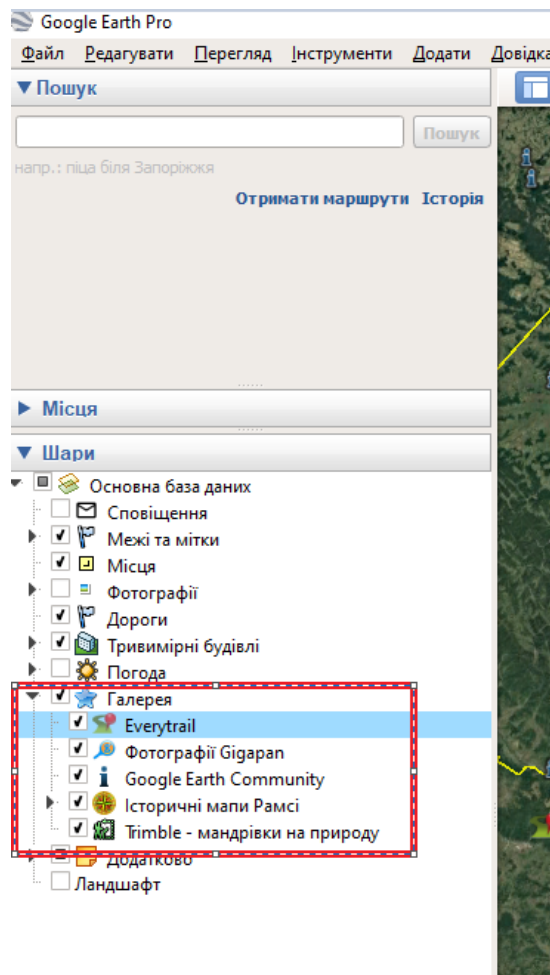


Рис. 38. Відстань маршрута по прямій

7. Ознайомтеся зі списком пропонованих для роботи тематичних шарів (ліва бічна панель). Їх доволі багато, і ви маєте змогу самостійно визначати, які саме треба відображати у робочому вікні в цей момент. Усі шари структуровані і поділені на групи. На сьогодні користувачам пропонується 10 основних груп: межі і мітки, фотографії, дороги, тривимірні будівлі, погода, галерея, додаткове та ландшафт. Кожна група має свої підгрупи аж до третього рівня. Достатньо відкрити відповідну закладку, де можна ознайомитися з повним переліком можливостей кожної групи. Список шарів постійно поновлюється і збільшується. Кожен із шарів варто випробувати практично і визначити для себе його потрібність і корисність. Розглянемо наповнення блоку шарів *Галерея*.



**Рис. 39.** Блок шарів *Галерея*

*Галерея* – блок шарів де розміщена інформація про об'єкт, яка з'являлася в інтернеті за допомогою засобів масової інформації або завантажених даних, наводимо їх перелік:

- *Everytrail* – дані про подорожі з фото і треком;
- *Gigapan Photos* – фотографії Gigapan;
- *Google Earth Community* – спільнота Google Планета Земля;
- *Історичні карти Рамсі* – одна з найбільших приватних колекцій географічних карт;
- *Trimble* – мандрівки в природу.

8. Для більшого ознайомлення з функціями шарів здійснено віртуальну подорож літаком над Африкою. Раніше був розроблений окремий шар *National Geographic Magazine* (Національний географічний журнал), який містив тематичний шар *Africa Megaflyover* (Політ над Африкою). З ним під час масштабування над Африкою на різних регіонах відображалися безліч червоних символів, подібних до позначки «X», які позначали місцезнаходження аерофотознімків. Зараз цей тематичний шар і відповідні позначки відсутні, а самі аерофотозображення, накладені в Google Earth, залишилися.

9. Для того щоб ви могли добре роздивитися ці зображення в максимальному наближенні, даємо вам покликання на окремий KMZ-файл: [https://drive.google.com/file/d/14j-SE7nilm9O9og\\_1cPd5H4Vu4u6a4Ce/view?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/file/d/14j-SE7nilm9O9og_1cPd5H4Vu4u6a4Ce/view?usp=drive_link), отриманий з Google Earth Blog, в якому зведено за категоріями типи цікавих аерофотозображень, зроблених над Африкою. З ним є можливість знайти стада тварин (слонів, бегемотів, кіз, фламінго, тюленів), зображення дюн, віддалених первісних сіл та багато ін.

10. Готовий kmz-файл потрібно додатково завантажити в програму Google Earth. Це можна зробити двома способами: просто двічі «клікнути» на нього в робочій папці комп'ютера або додати через меню програми *Google Earth* → *Файли* → *Відкрити*.

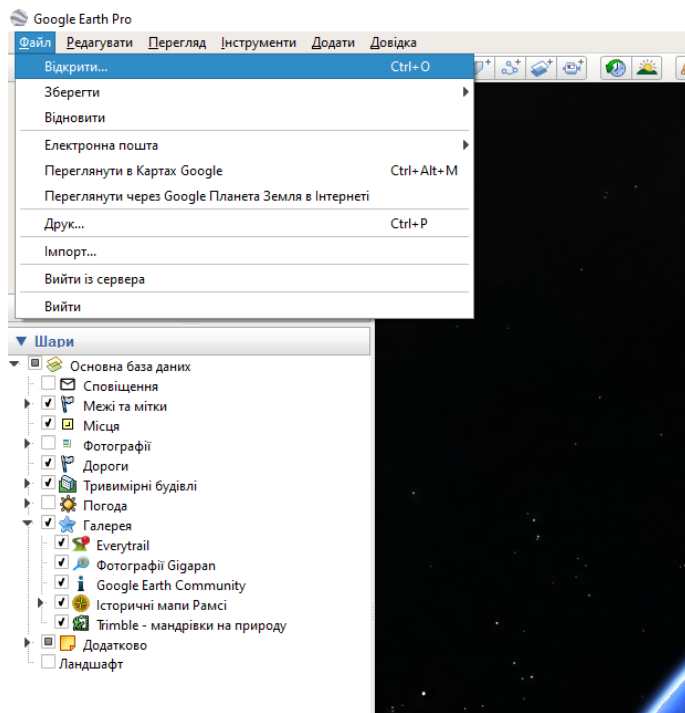


Рис. 40. Відкриття kml-файлу

Тепер у вашій тимчасовій папці Тимчасові місця з'явився тематичний шар African animals з різними категоріями тварин. Для того щоб наблизитися до відповідного аерофотозображення, двічі натисніть на рубрику цікавої вам категорії.

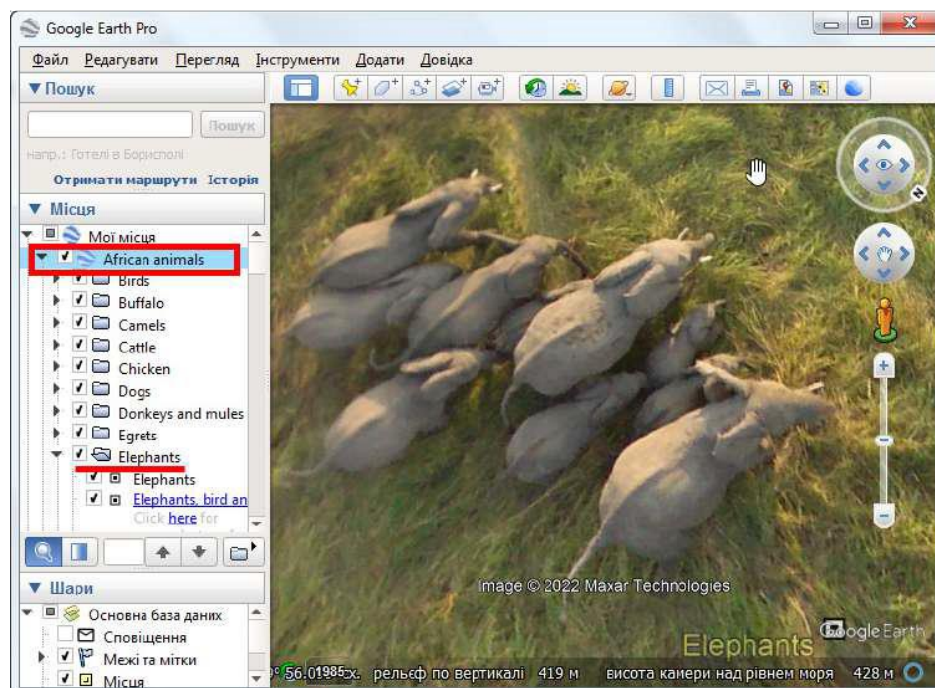


Рис. 41. Шар African animals

11. Ознайомтеся з віртуальною місцевістю – це можливість вивчити карту з фотографій людей, які вивантажили і прив’язали їх до потрібної точки. Спробуйте функцію «відеотур» в папці «Місяця».

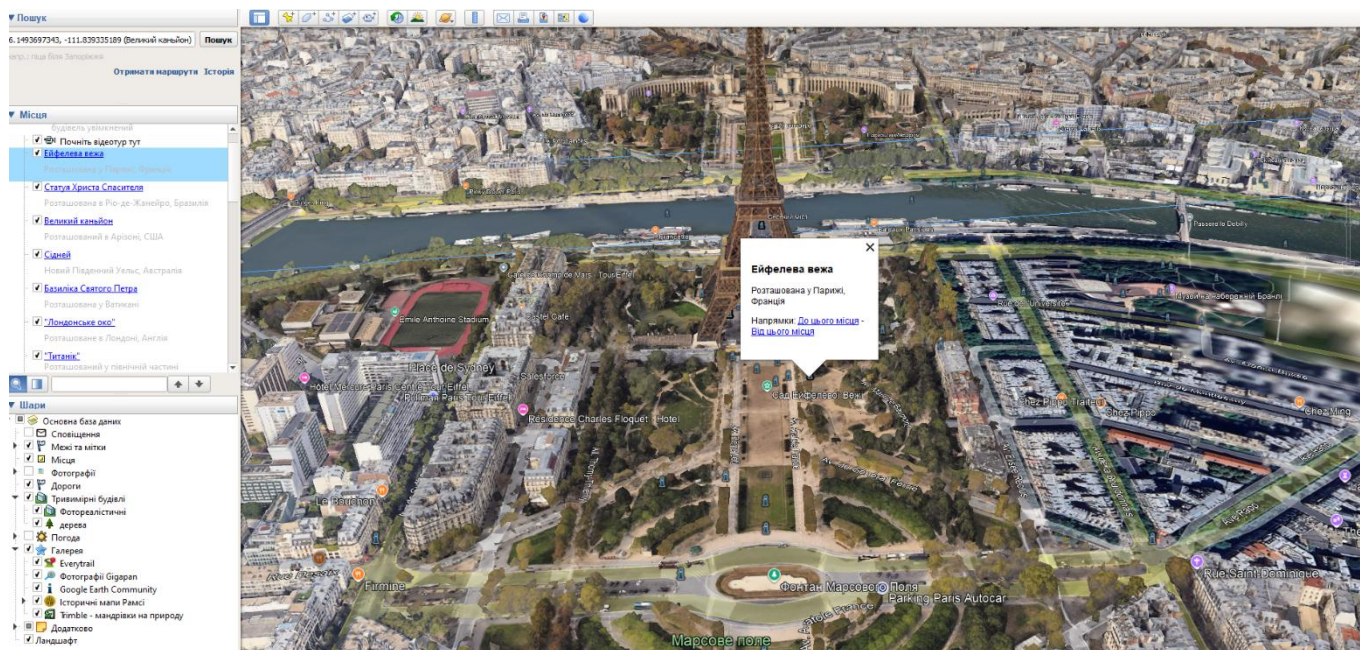



Рис. 42. 3-D відеотур

12. Незважаючи на назву сервісу, в Google Earth можна знайти й інші планети. Натисніть на значок  із зображенням планети на головній панелі програми і виберіть небесне тіло для дослідження. Крім Землі також доступні Марс і Місяць. А вибираючи варіант Небо, користувачі отримують доступ до докладних зоряних карт. Під час перемикання між Землею, Марсом, Місяцем і картою неба відповідно змінюються і тематичні шари.

13. Оберіть Google Місяць (рис. 43) і знайдіть тур про місію «Аполлон», який містить карти (історичні, геологічні та ін.), відео і панорами в стилі «стрит в'ю», надані NASA.

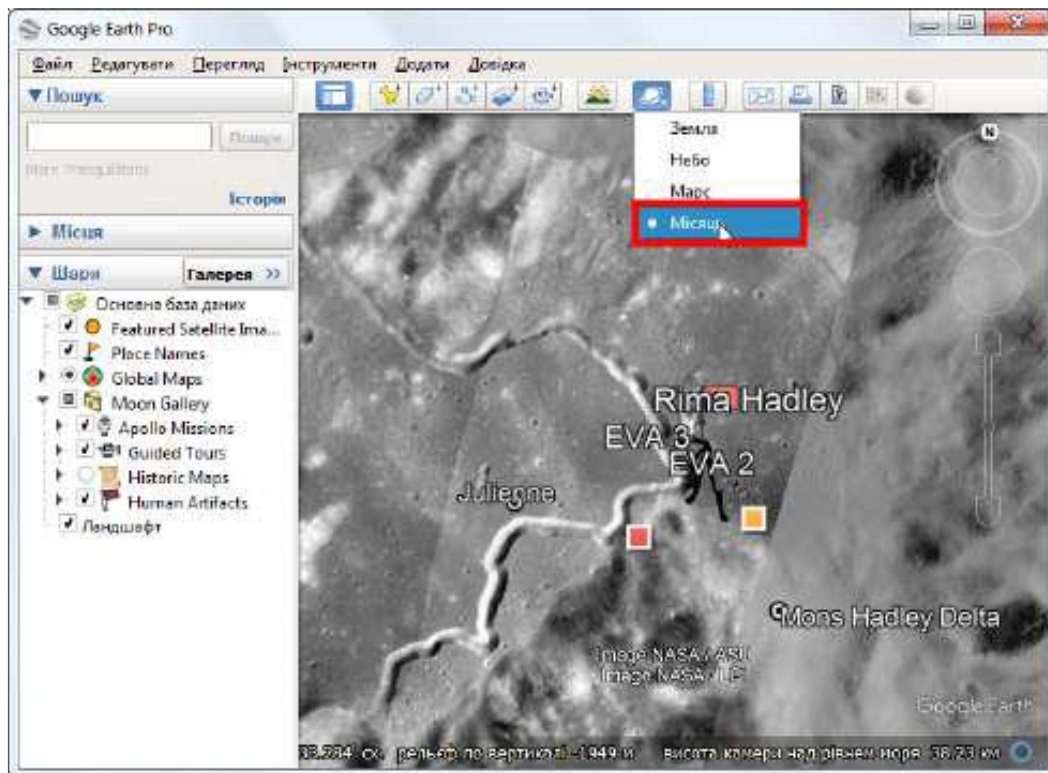


Рис. 43. Оглядова модель Місяць

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №6. Ознайомлення з платформою Giovanni (NASA)

---

*Мета роботи:* ознайомлення з платформою Giovanni (NASA).

*Вхідні дані:* браузер, портал Giovanni (NASA).

**Giovanni (Goddard Interactive Online Visualization and Analysis Infrastructure)** — це веб-портал, розроблений NASA для доступу, візуалізації та аналізу кліматичних і екологічних супутникових даних. Він спеціалізується на наданні легкого у використанні інтерфейсу для роботи з даними супутників і моделями глобальних кліматичних систем, що робить його особливо корисним для науковців, дослідників і освітян.

### **Основні особливості Giovanni:**

- 1. Безкоштовний доступ до даних:** Giovanni надає можливість безкоштовно отримувати дані про клімат, навколишнє середовище та атмосферні явища з багатьох джерел. Це дозволяє дослідникам, незалежно від їхнього місця розташування, працювати з актуальною інформацією.
- 2. Інтерфейс для візуалізації:** Користувачі можуть створювати різні графічні візуалізації, такі як карти, часові ряди, порівняння та гістограми, без необхідності завантажувати складне програмне забезпечення. Інтерфейс інтуїтивно зрозумілий і не вимагає спеціальних технічних навичок.
- 3. Підтримка численних типів даних:** Giovanni пропонує широкий спектр супутникових і наземних даних. Серед тем, які можна досліджувати, є:
  - Атмосферні параметри (температура, вологість, хімічний склад).
  - Океанографічні показники (температура поверхні моря, концентрація хлорофілу).
  - Наземні показники (рослинний покрив, вологоутримання ґрунтів).
  - Енергетичний баланс та інші кліматичні параметри.

4. **Швидкий аналіз та інтерактивність:** Однією з головних переваг Giovanni є можливість виконання швидкого аналізу великих масивів даних. Користувачі можуть обирати географічні області, часові рамки і параметри для аналізу, що дає змогу адаптувати дослідження до конкретних завдань.
5. **Широкий доступ до даних MODIS та інших супутників:** Giovanni надає доступ до даних багатьох супутників NASA, включно з місіями MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) і багатьма іншими.
6. **Інструменти для науковців:** Giovanni має вбудовані аналітичні функції, що дозволяють виконувати статистичний аналіз даних, наприклад, обчислювати середнє значення, медіану, кореляцію та інші параметри.
7. **Глобальний охоплення:** Система надає доступ до глобальних даних, що дозволяє досліджувати як регіональні, так і глобальні явища. Можна порівнювати дані з різних регіонів Землі або досліджувати зміни клімату на глобальному рівні.

#### **Завдання:**

Зареєструватися на платформі Giovanni. Ознайомитися з інтерфейсом платформи.

#### **Порядок виконання роботи**

Для того щоб зареєструватися на ресурсі Giovanni, достатньо вказати в пошуковій системі браузера ключові слова «*Giovanni NASA*» або ж перейти за покликанням: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> (рис. 44).

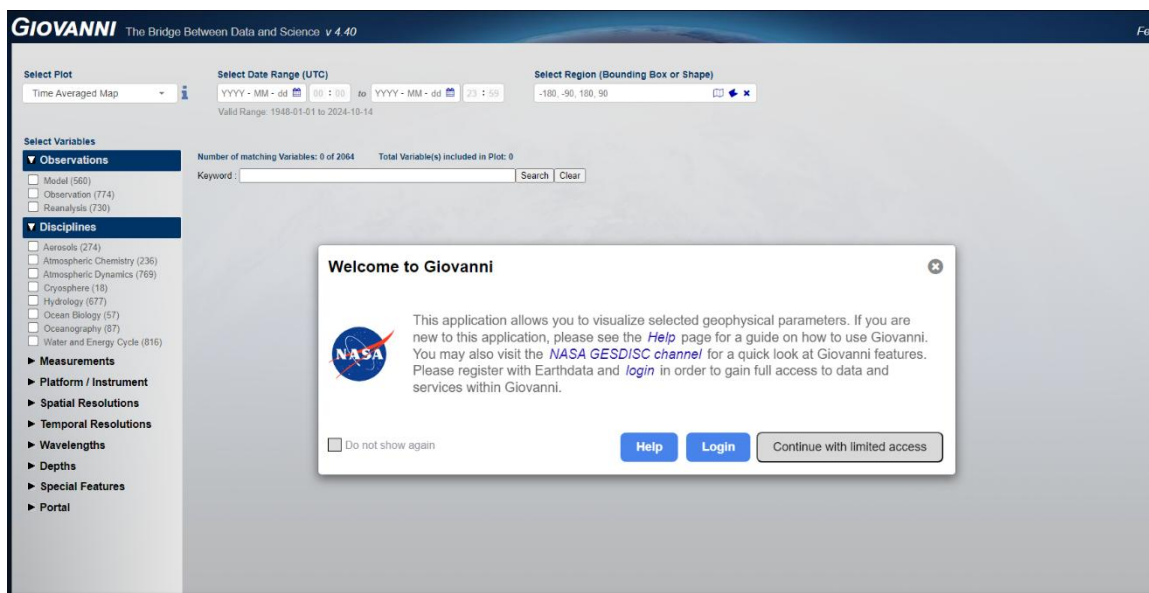


Рис. 44. Стартова сторінка Giovanni NASA

Для того щоб мати доступ до всього функціоналу ресурсу, вам потрібно зареєструватися. Для цього натисніть кнопку **Login** (Залогінитися). Якщо ви вже реєструвалися на цьому ресурсі, то в полі **Username** (Ім'я користувача) та **Password** (Пароль) вкажіть ваші дані при реєстрації. Якщо ви ще не працювали із цим ресурсом, то вам необхідно зареєструватися, для цього натисніть кнопку **Register** (Реєстрація) (рис. 45).

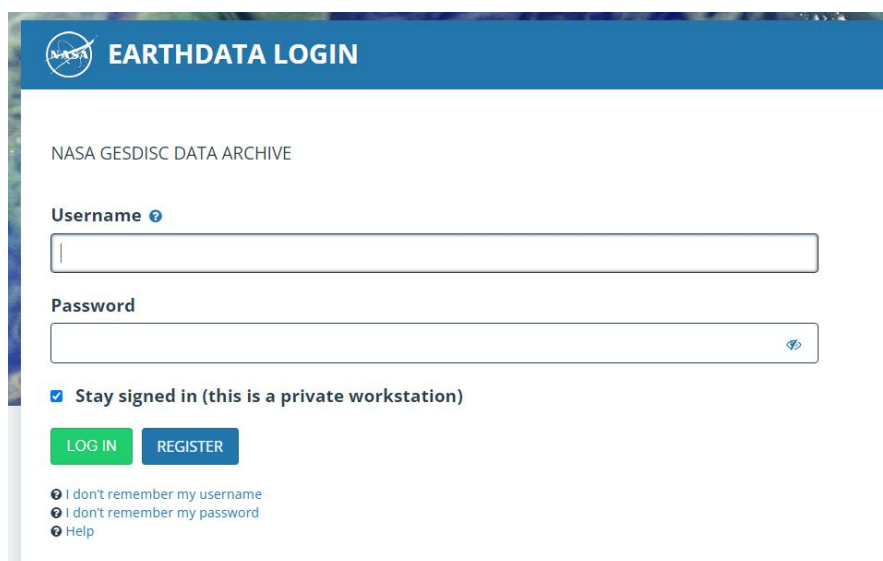


Рис. 45. Сторінка авторизації

Після цього система відкриє анкету реєстрації, де необхідно ввести персональні дані, зокрема (рис. 46):

**Username** (Ім'я користувача).

**Password** (Пароль), має складатися з букв малих та великих і цифр, усього не менше восьми знаків.

**Password Confirmation** (Підтвердити пароль).

**First Name** (Ім'я).

**Last Name** (Прізвище).

**E-mail** (Електронна скринька).

**Country** (Країна проживання), виберіть зі списку.

**Affiliation** (Приналежність до галузі), виберіть зі списку.

**Study Area** (Сфера досліджень), виберіть зі списку.

**User Type** (Тип користувача), виберіть зі списку.

**Agreements** (Погодження), поставте галочку.

**I'm not a robot** (Я не робот), поставте галочку.

Заповнивши всю інформацію та вибравши усі необхідні поля, натисніть кнопку **Register for earthdata login** (Зареєструватися для роботи із просторово прив'язаною інформацією).

Рис. 46. Анкета реєстрації

На адресу, яку ви зазначили під час реєстрації, прийде лист підтвердження з указаною електронною поштою та логіном.

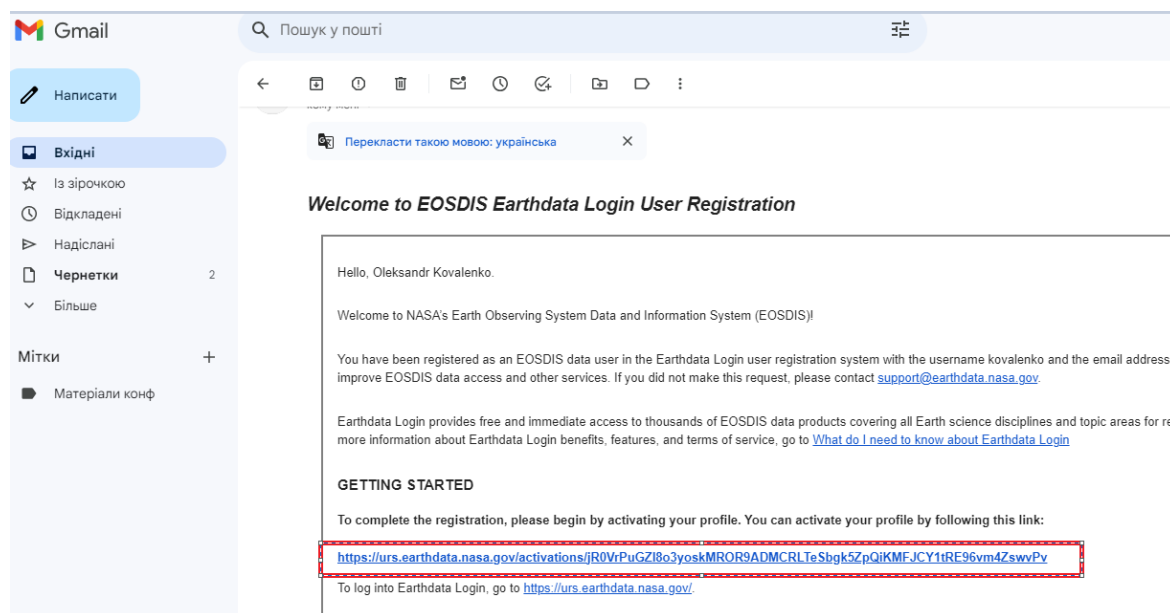


Рис. 47. Лист активації облікового запису

У випадку якщо ваш автоматично не відкрилася сторінка для авторизації на ресурсі, зайдіть на неї повторно через браузер. Укажіть логін та пароль, які ви зазначали при реєстрації.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №7. Дослідження зміни концентрації діоксиду азоту та вуглекислого газу в атмосферному повітрі України

---

**Мета роботи:** за допомогою платформи Giovanni (NASA) створити карти концентрації діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ) в атмосферному повітрі тропосфери на територію України і простежити динаміку кількості вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), створивши графік.

**Вхідні дані:** браузер, портал Giovanni (NASA), Excel.

Giovanni: найпростіший спосіб візуалізації даних про Землю (переклад з англійської з ресурсу NASA). Giovanni – це платформа в мережі Інтернет, на якій відображаються просторово прив’язані дані із супутників NASA.

За допомогою декількох натискань мишки ви можете відображати дані із супутників NASA в різних форматах, включаючи анімацію, площинну візуалізацію, часові ряди, усереднені значення (меридіональні та зональні), вертикальні профілі тощо.

Ви можете проаналізувати явища – від оцінки пилової бурі в Сахарі до наслідків урагану Катріна та концентрації хлорофілу на поверхні океану. За одиничними і багатозначними параметрами можуть бути побудовані візуалізації для різних часових періодів.

Доступ до даних відображається через колекцію інтерфейсів, кожен з яких дає змогу побудувати візуалізацію за параметрами одного або декількох супутникових інструментів. Опади, температура, вологість та концентрація газу – лише деякі із запропонованих параметрів.

«Giovanni є особливо потужним інструментом для досліджень та освіти в школах і закладах вищої освіти, оскільки він забезпечує нескладний доступ до даних дистанційного зондування Землі та прості у використанні інструменти для аналізу даних. Маніпулюючи зображеннями і проводячи аналітику – а не просто переглядаючи зображення – студенти отримують більш усебічне розуміння того,

як дані дистанційного зондування Землі використовуються для дослідження взаємопов'язаних систем Землі», – сказав Джеймс Акер, учений з NASA GES DISC, який брав участь у розробленні цього продукту.

## Ситуація

Оксид азоту(IV), нітроген(IV) оксид, діоксид азоту — це неорганічна сполука з формулою  $\text{NO}_2$ , яка за нормальних умов існує у вигляді газу червоно-бурого кольору з характерним різким запахом. Вдихання  $\text{NO}_2$  може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям, таких як подразнення слизових оболонок дихальних шляхів, кашель, утруднене дихання, а в більш важких випадках – до розвитку астми, бронхіту та навіть набряку легень.

Діоксид вуглецю, карбон(IV) оксид, вуглекислий газ,  $\text{CO}_2$  — це стійка хімічна сполука, яка може зустрічатися в природних газах у різних концентраціях, від кількох відсотків до майже чистого стану. Цей газ не горить і не підтримує горіння, а також є кінцевим продуктом окиснення вуглецю.  $\text{CO}_2$  відіграє важливу роль у природних циклах вуглецю, зокрема в процесах фотосинтезу та дихання.

Діоксид азоту і діоксид карбону – неорганічні хімічні сполуки, що містяться в атмосферному повітрі і є шкідливими для здоров'я людини. Джерелами викидів цих речовин є двигуни внутрішнього згорання, теплові електростанції, заводи тощо. Наприкінці березня 2020 р. Європейське космічне агентство (ESA) опублікувало дані щодо значного зниження концентрації викидів діоксиду азоту в кількох великих містах Європи (Париж, Рим та Мадрид) порівняно із середньомісячним значенням концентрацій за 2019 р. У Китаї в розпал епідемії COVID-19 концентрація шкідливих викидів в атмосферу знизилася на 20–30% порівняно з аналогічним періодом за попередні три роки. Через два тижні після того, як Велика Британія перейшла в режим «lockdown», забруднення діоксидом азоту в деяких містах цієї країни зменшилося на 60% порівняно з аналогічним періодом 2019 р.

Як вплинула пандемія на кількість діоксиду азоту в повітрі над Україною?

Згідно з даними Лабораторії глобального моніторингу, концентрація діоксиду карбону у світових масштабах постійно зростає (дані доступні, починаючи з 1980 р.). Чи можна за допомогою супутникового моніторингу Землі простежити, як зростає концентрація цієї забруднювальної речовини в нашій країні?

### Завдання:

1. Знайти і візуально порівняти усереднене значення концентрації діоксиду азоту на територію України з 15 червня 2014 р. по 15 червня 2015 р. і з 15 червня 2019 р. по 15 червня 2020 р.

2. Створити графік концентрації діоксиду карбону на території України за весь представлений у сервісі Giovanni часовий період дослідження цієї сполуки.

### Порядок виконання роботи

1. Авторизуйтеся на сайті. Офіційна сторінка: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>.

2. Вибираємо дату (рік/місяць/день). У полі **Select Date Range (UTC)** (Виберіть діапазон дат) вибираємо час, за який програма має сформувати усереднену карту (15 червня 2014 р. – 15 червня 2015 р.). Вибираємо формат відображення: в полі **Select Plot** (Вибір візуалізації) треба вказати спосіб відображення **Time-Averaged Map** (Карта усередненого значення) (рис. 48).

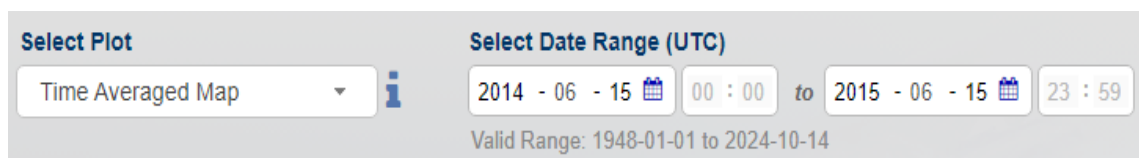


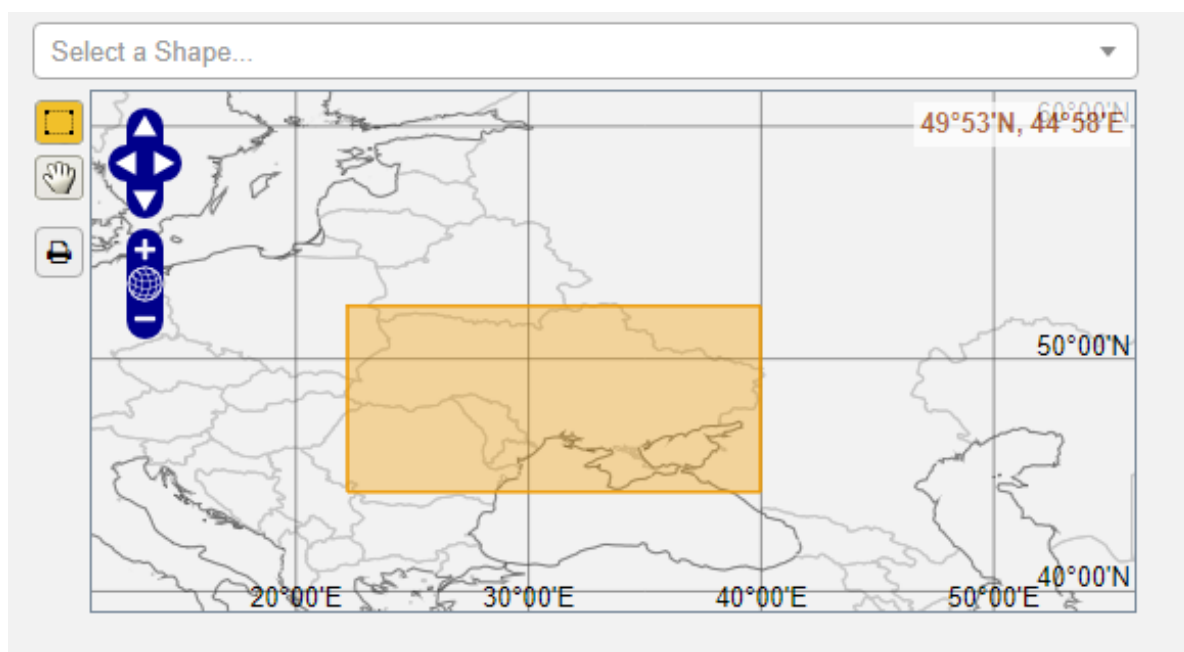


Рис. 48. Вибір візуалізації та часового проміжку

Детально про інші способи відображення інформації можна прочитати в інструкції.

3. Вибираємо територію дослідження в рядку **Select Region (Bounding Box or Shape)** (*Виберіть регіон (обмежувальне поле або форма)*). Програма може опрацювати територію дослідження – в межах державних кордонів країни або довільну прямокутну чи квадратну форми, які задає користувач. Відповідно, якщо вам потрібно відобразити показники в межах області, то дані на ресурсі мають охоплювати більшу територію і включати в себе цю область. Карту можна наближати роликком або кнопками -/+ , переміщатися по карті – значком . Вибираємо територію України, користуючись інструментом .



**Рис. 49.** Вибір території

4. Обираємо показник, який маємо дослідити – діоксид азоту: на панелі **Select Variables** (*Виберіть змінні*) вибираємо **Atmospheric Chemistry** (*Хімічні складники повітря*); далі в новому списку, що відобразиться у вікні, вибираємо **NO2 Tropospheric Column (30% Cloud Screened)** (*NO2 у стовпі тропосфери (хмарність до 30%)*) для відображення кількості діоксиду азоту в шарах тропосфери); натискаємо кнопку **Plot Data** (*Візуалізація даних*) для відображення даних (рис. 50).

Концентрація діоксиду азоту в даному дослідженні вимірюється в одиницях на квадратний сантиметр. Цей показник отримують шляхом підрахунку загальної кількості молекул діоксиду азоту в атмосферному стовпі над певною ділянкою земної поверхні, яку «бачить» супутниковий сенсор. Отримане значення проєктується на площину знімка, що дозволяє отримати карту розподілу діоксиду азоту.

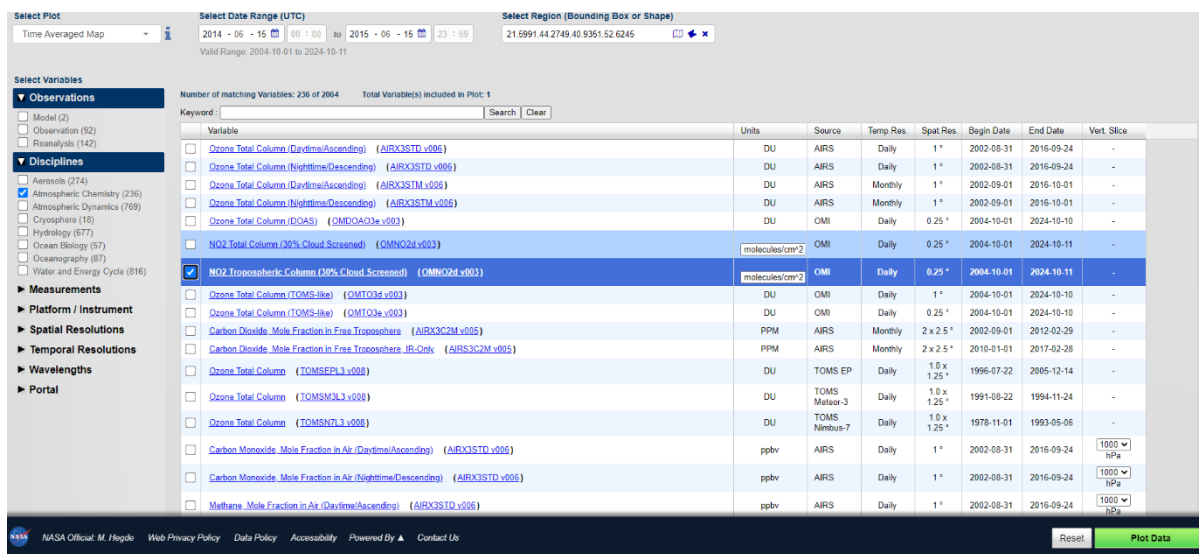
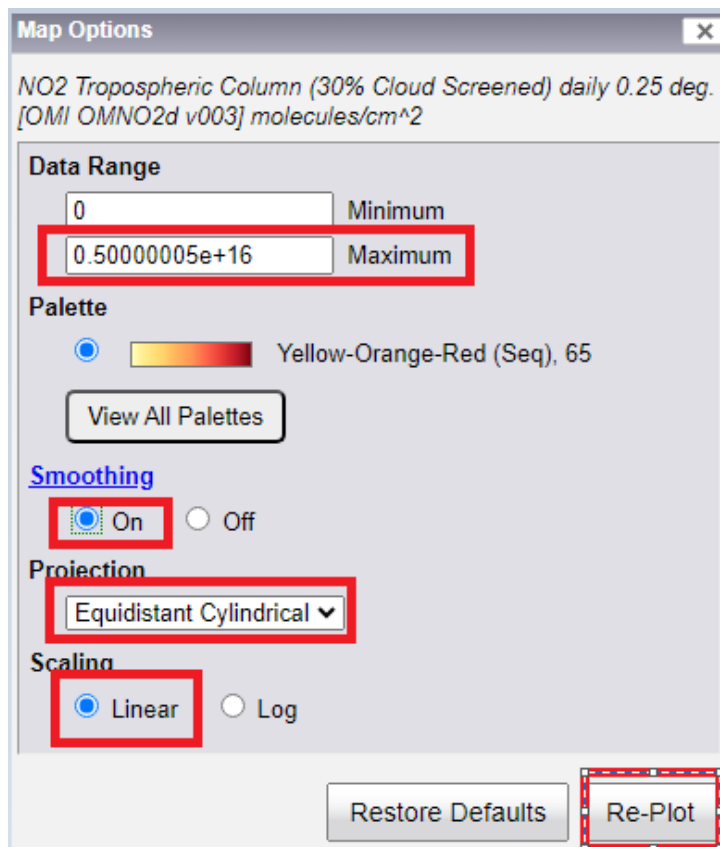


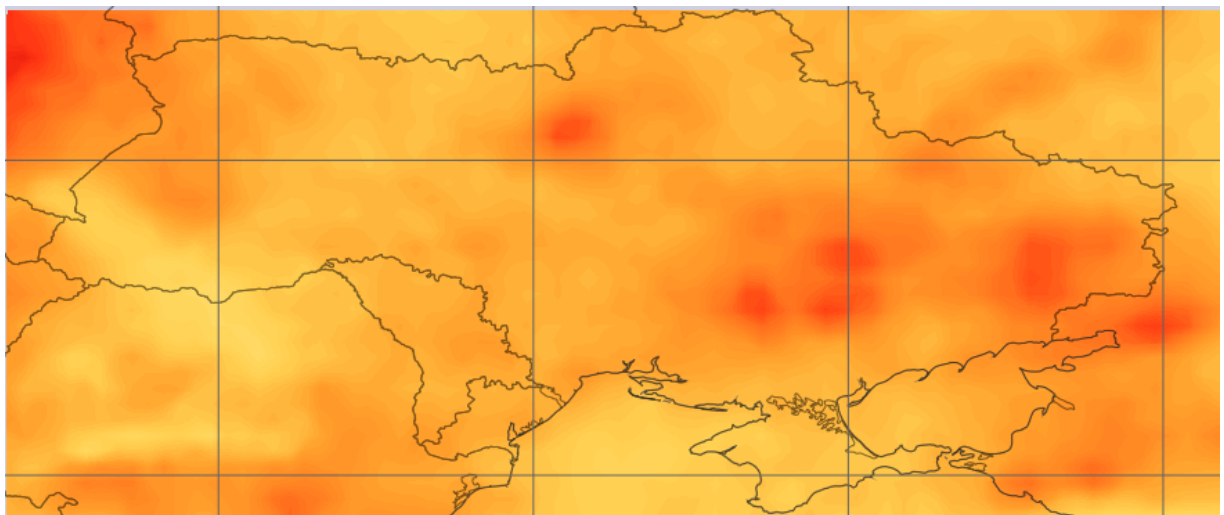
Рис. 50. Вибір території

5. У результаті у вас підвантажиться карта з усередненими даними (на рік) забруднення діоксидом азоту вибраної території. Різниця у значеннях на карті візуально не помітна за стандартної класифікації зображення, оскільки градація умовних позначень автоматично проставляє максимальне значення  $2.00000005e+16$ , а наша територія більшою мірою потрапляє в діапазон до  $0.50000005e+16$ ; тому ми змінимо діапазон максимального відображення до з  $2.00000005e+16$  на  $0.50000005e+16$ . Для цього вибираємо інструмент *Options* (Опції) → *Options* (Опції). Максимальне значення « $1.00000005e+16$ »; *Smoothing* (Згладження) → *On* (Увімкнути) → *Re-Plot* (Повторне оброблення).



**Рис. 51.** Опції градації

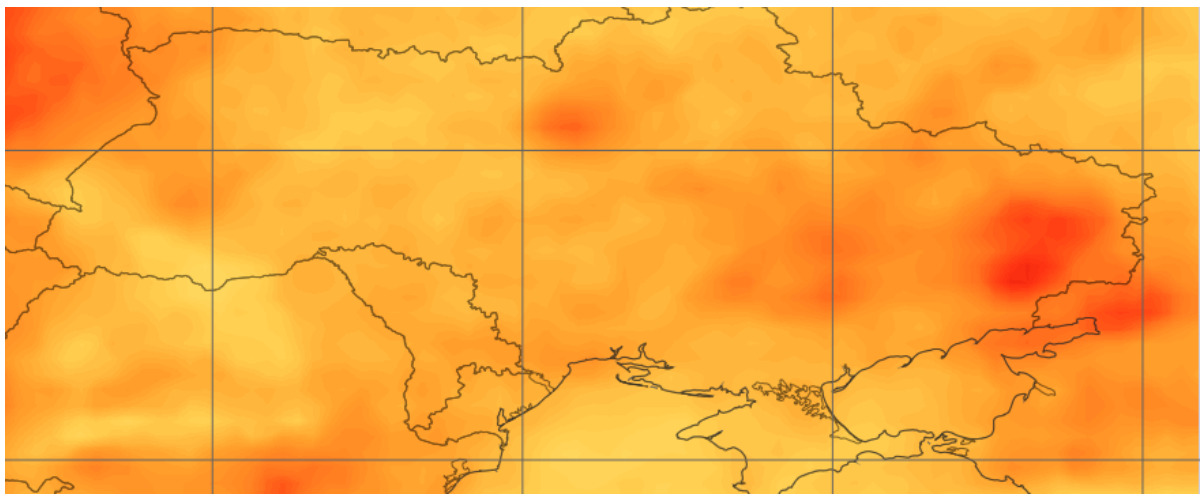
Ви отримаєте карту усередненої (за рік) концентрації діоксиду азоту на вибрану територію.



**Рис. 52.** Карта концентрації діоксиду азоту

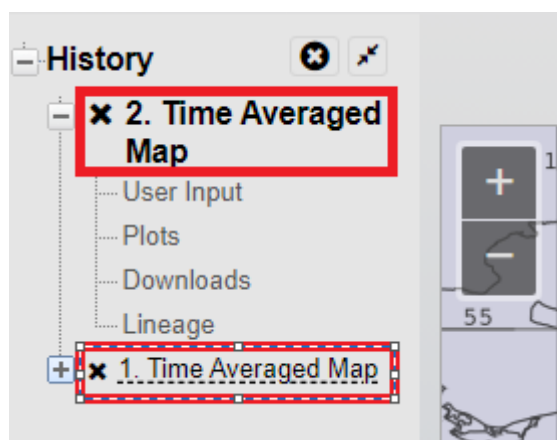
Окремо карту зберігати не потрібно, вона залишиться в пам'яті сервісу. Для того щоб перейти до виконання наступного завдання, натисніть на екрані кнопку ***Back to Data Selection*** (*Повернутися до вибору даних*), що міститься у правому нижньому кутку вікна.

6. За тим самим алгоритмом Знайдіть усереднене значення концентрації діоксиду азоту в шарах тропосфери на цю саму територію з 15 червня 2019 р. по 15 червня 2020 р.



**Рис. 53.** Карта концентрації діоксиду азоту в проміжку 2019-2020 роки

В боковій панелі у вас відображаються карти, які ви створювали. Перемикаючи між ними, можна їх візуально порівняти.



**Рис. 54.** Перемикання між двома знімками

Проаналізуйте як, на Вашу думку, змінилася концентрація показника діоксиду азоту у 2019–2020 рр. порівняно з періодом 2014–2015 рр.?

7. Проведемо дослідження щодо концентрації діоксиду карбону, який впливає на процес глобального потепління Землі, на цій самій території з 2002 по 2017 р.

Діоксид карбону – одна зі сполук, яка негативно впливає на глобальні кліматичні зміни.

Проаналізуйте, як змінювався цей показник для уже вибраної вами території за весь можливий у Giovanni часовий період дослідження цієї сполуки: у полі **Select Plot** (Вибір візуалізації) вкажіть спосіб відображення **Time Series Area-Averaged** (Усереднене значення за часовим проміжком); це стандартний графік усередненого значення показника для вибраного часового ряду, він показує зміни концентрації діоксиду вуглецю на вибрану нами територію (рис. 55).

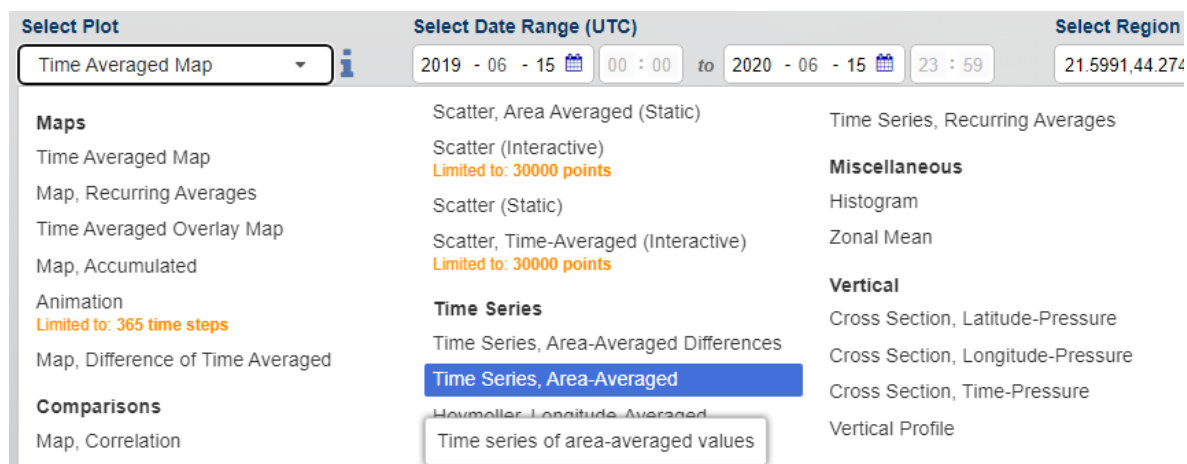


Рис. 55. Графік усередненого значення показника

В розділі *Atmospheric Chemistry* (Хімічні складники повітря) можливість дослідити концентрацію CO<sub>2</sub> за різні часові проміжки, зокрема за 2002–2012 і 2010–2017 рр. Потрібно обрати *Carbon Dioxide, Mole Fraction in Free Troposphere (AIRX3C2M v005)* (рис. 56) для періоду 2002–2012, а для 2010–2017 – *Carbon Dioxide, Mole Fraction in Free Troposphere, IR-Only (AIRS3C2M v005)*.

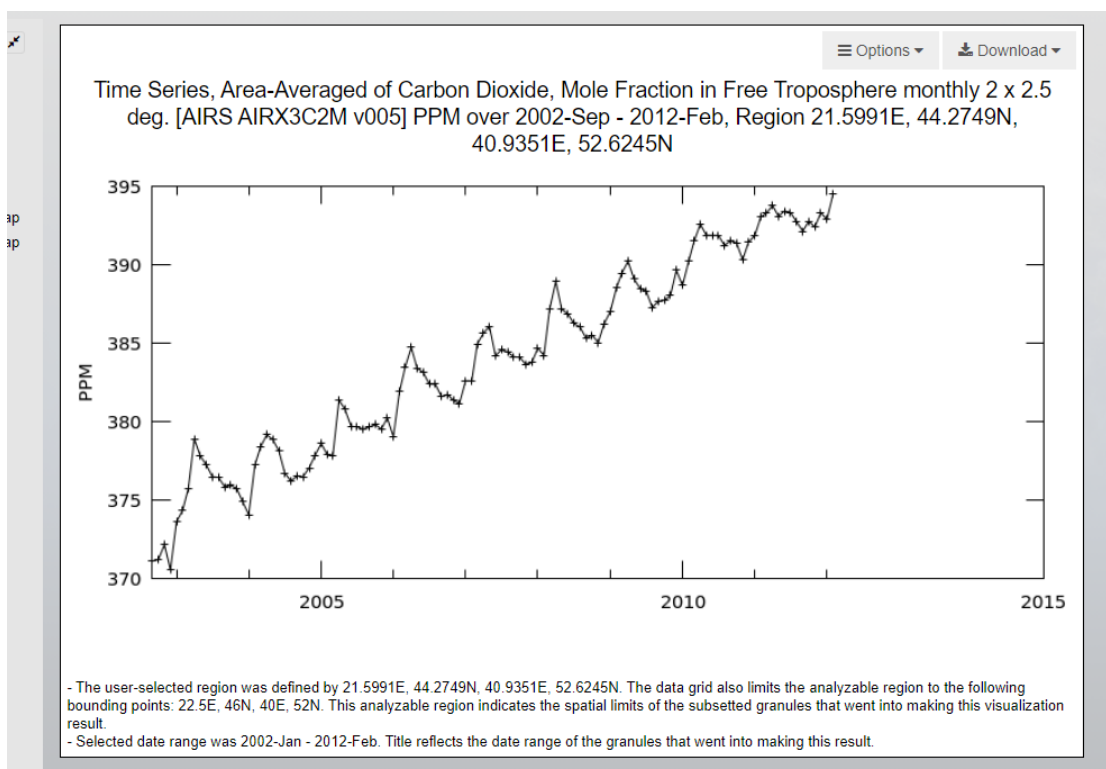
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon dioxide, assimilated dry-air column average (OCO2_GEOS_L3CO2_DAY v10r)</a>	mol CO2/mol dr	CHEM	Daily	0.625 °	2015-01-01	2022-02-28	-
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon dioxide, assimilated dry-air column average (OCO2_GEOS_L3CO2_MONTH v10r)</a>	mol CO2/mol dr	GEOS-CHEM	Monthly	0.5 x 0.625 °	2015-01-01	2022-02-01	-
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon Dioxide, Mole Fraction in Free Troposphere (AIRX3C2M v005)</a>	PPM	AIRS	Monthly	2 x 2.5 °	2002.09.01	2012.02.29	-
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon Dioxide, Mole Fraction in Free Troposphere, IR-Only (AIRX3C2M v005)</a>	PPM	AIRS	Monthly	2 x 2.5 °	2010-01-01	2017-02-28	-
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon Monoxide, Mole Fraction in Air (Daytime/Ascending) (AIRX3STD v006)</a>	ppbv	AIRS	Daily	1 °	2002-08-31	2016-09-24	1000 hPa
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon Monoxide, Mole Fraction in Air (Daytime/Ascending) (AIRX3STM v006)</a>	ppbv	AIRS	Monthly	1 °	2002-09-01	2016-10-01	1000 hPa
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Carbon Monoxide, Mole Fraction in Air (Daytime/Ascending) (AIRX3STM v7.0)</a>	ppbv	AIRS	Monthly	1 °	2002-09-01	2016-10-01	1000 hPa

Web Privacy Policy Data Policy Accessibility Powered By ▲ Contact Us

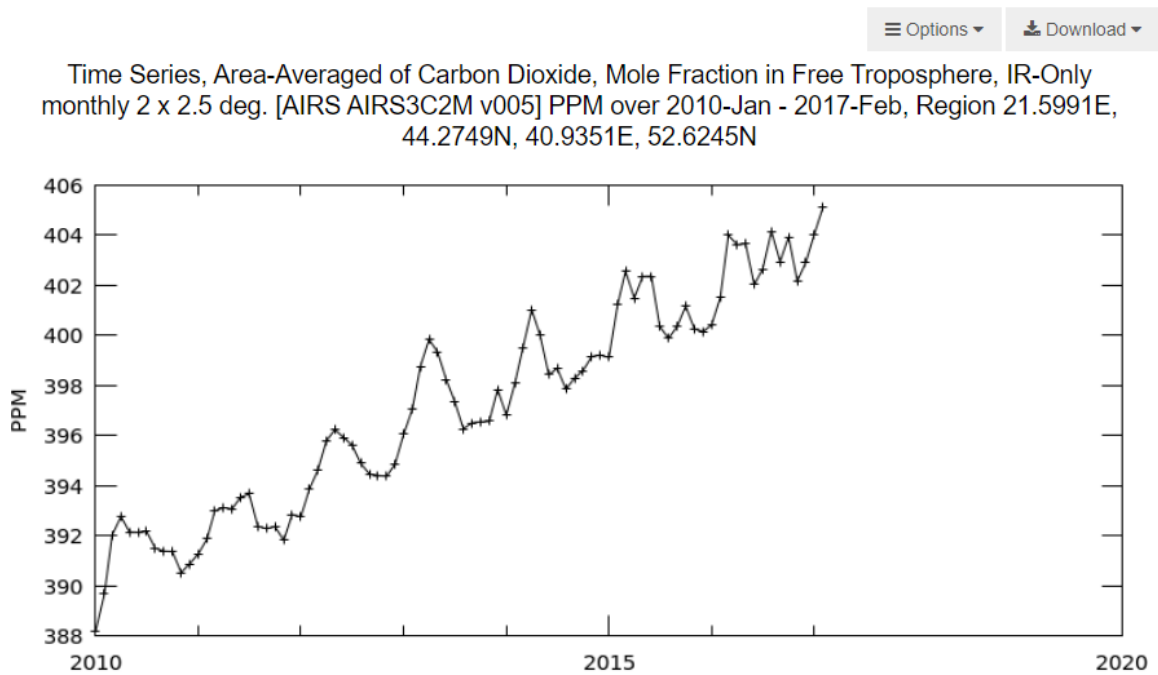
Reset Plot Data Go to

**Рис. 56.** Carbon Dioxide для 2002–2012

Отже, можна відобразити концентрацію CO<sub>2</sub> за дві пари різних часових періодів (2002–2012 і 2010–2017) двома різними графіками. Для цього треба поставити галочку навпроти одного з двох показників, вказати відповідний часовий ряд, за який відбувався збір інформації за цим показником, і натиснути **Plot Data** (Візуалізація даних). Відобразиться два графіки за часовий період 2002–2012 (рис. 57) і 2010–2017 рр. (рис. 58).

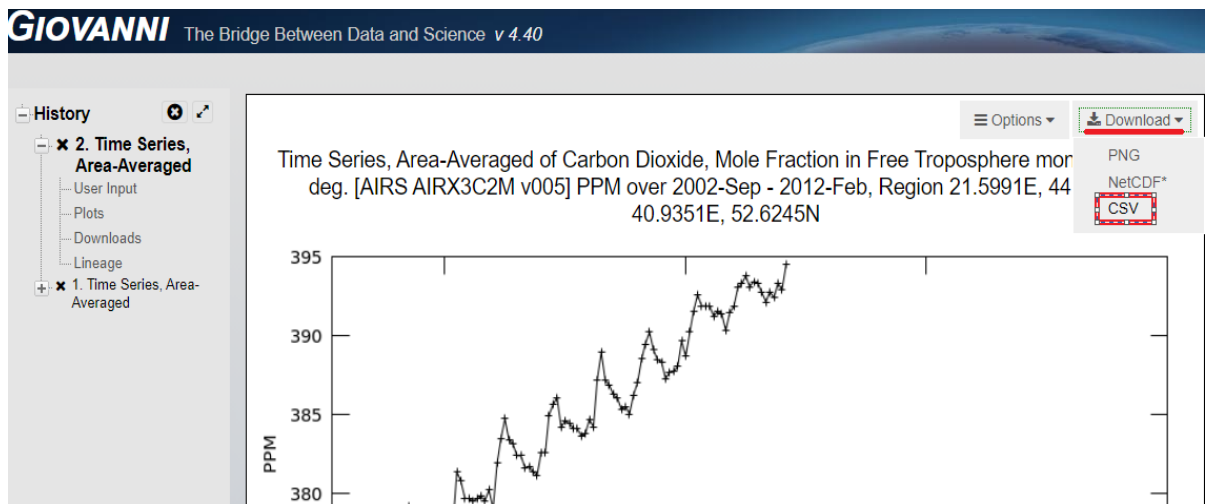


**Рис. 57.** Концентрація CO<sub>2</sub> за 2002–2012 рр



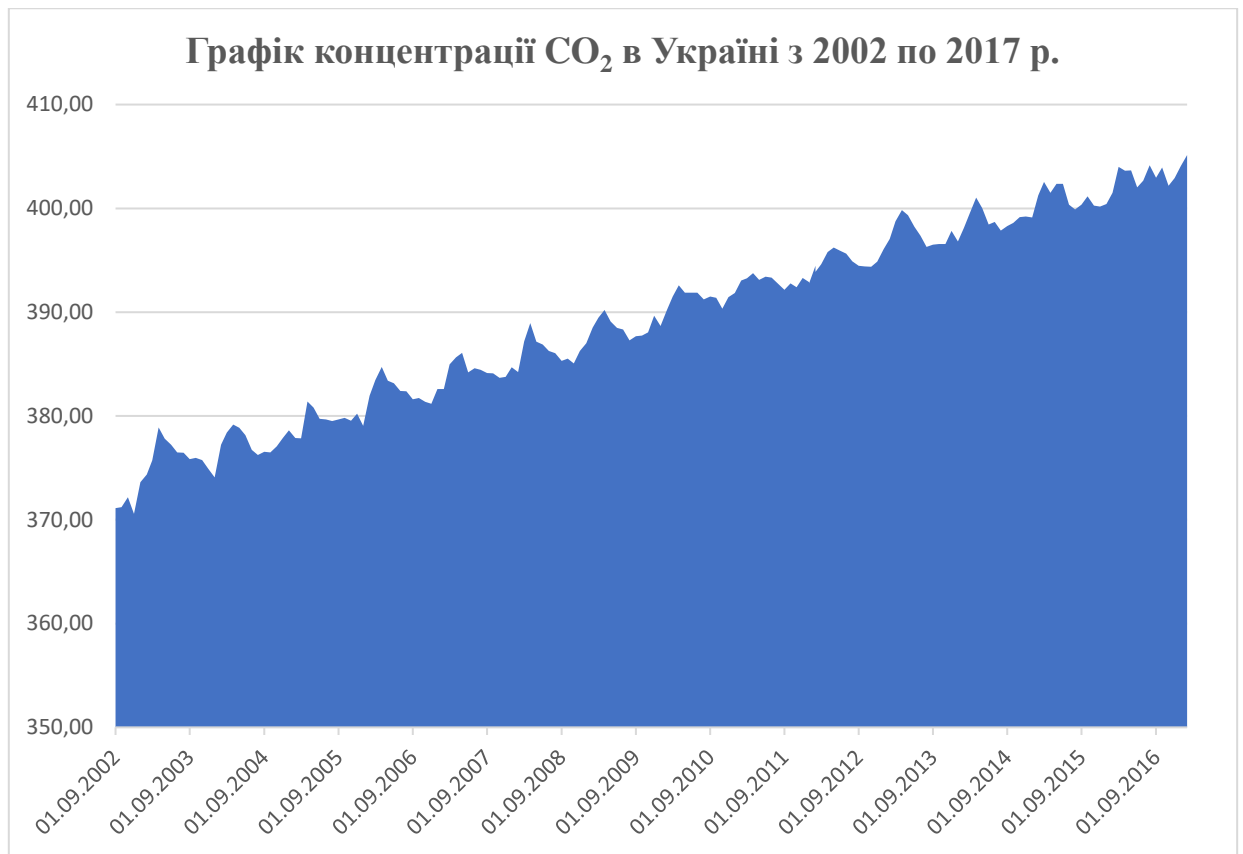
**Рис. 58.** Концентрація CO<sub>2</sub> за 2010–2017 рр

8. Завантажимо їх окремо. В панелі **History** (Історія) вибрати **Downloads** (Завантажити) режим **CSV** (рис.59).



**Рис. 59.** Завантаження даних

9. Завантажте обидва файли CSV і об'єднайте їх у Microsoft Excel (перенесіть дані, яких не вистачає для відображення часового ряду з 2002 по 2017 р.) .



**Рис. 60.** Графік концентрації

10. Відповідно до отриманого графіку спробуйте відповісти на питання:

- Наскільки збільшилася концентрація CO<sub>2</sub> з 2002 по 2017 р.?
- Про яку тенденцію свідчить цей графік?
- Спробуйте спрогнозувати зміну концентрації CO<sub>2</sub> у 2032 р.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. How Many People Are In Space Right Now?.

URL: <https://www.howmanypeopleareinspace.com/>

2. Sky by Rogue Space. URL: <https://sky.rogue.space/>.

3. Stuff in Space. URL: <https://stuffin.space/>.

4. EO Browser. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

5. Google Планета Земля. <https://www.google.com.ua/earth/>.

6. <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

7. URL: [www.nasa.gov/audience/foreducators/9-12/features/giovanni-an-easier-way.html](http://www.nasa.gov/audience/foreducators/9-12/features/giovanni-an-easier-way.html)

## ДОДАТКИ

*Додаток 1*

### **Найбільш популярні комбінації каналів для Sentinel 2a та Landsat**

#### **Супутники Landsat**

Програма Landsat - найтриваліший проєкт з отримання супутникових знімків нашої планети. Перший із супутників у рамках цієї космічної програми був запущений 1972 р., а останній на сьогодні - Landsat 9 - 2021 р.

Landsat 1 (спочатку ERTS-1, Earth Resources Technology Satellite 1) - запущений 23 липня 1972 р., припинив роботу 6 січня 1978 р.

Landsat 2 (ERTS-B) - запущений 22 січня 1975 р., припинив роботу 22 січня 1981 р.

Landsat 3 - запущений 5 березня 1978 р., припинив роботу 31 березня 1983 р.

Landsat 4 - запущений 16 липня 1982 р., припинив роботу 1993 р.

Landsat 5 - запущений 1 березня 1984 р., припинив роботу 21 грудня 2012 р.

Landsat 6 - його запустили 5 жовтня 1993 р., але не вивели на цільову орбіту.

Landsat 7 - запущений 15 квітня 1999 р. і функціонує досі. Landsat 7 має ті самі сім каналів, що і Landsat 4 і 5, але має додатковий канал із широким спектральним діапазоном і розрізненням 15 м\*15 м. Крім того, просторове розрізнення в каналі 6 (тепловий ПЧ-діапазон) було збільшено зі 120 до 60 м.


Landsat 8 - запущений 11 лютого 2013 р. і функціонує досі. Він надає знімки в 11 спектральних діапазонах із просторовою розрізненістю від 15 (панхроматичний канал B8) до 30 м на точку (всі інші B1-B7, B9), теплові канали B10 та B11 передискретизовані зі 100 м до 30 м, періодичність збору даних для всієї планети становить  $\leq 8$  діб.

Landsat 9 - запущений 27 вересня 2021 р. і досі активний. Це реконструкція свого попередника Landsat 8.

### Канали Landsat 8-9

<b>Landsat 8 (Bands)</b>	<b>Довжина хвилі (мікрметри)</b>	<b>Просторова розрізненість (метри)</b>
Канал 1 - Аерозолі	0.43-0.45	30
Канал 2 - Синій	0.45-0.51	30
Канал 3 - Зелений	0.53-0.59	30
Канал 4 - Червоний	0.64-0.67	30
Канал 5 - Близній інфрачервоний (NIR)	0.85-0.88	30
Канал 6 - SWIR 1	1.57-1.65	30
Канал 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
Канал 8 - Панхроматичний	0.50-0.68	15
Канал 9 - Пір'їсті хмари	1.36-1.38	30
Канал 10 - Тепловий інфрачервоний (TIRS) 1	10.60-11.19	100 (передискретизований до 30)
Канал 11 - Тепловий інфрачервоний (TIRS) 2	11.50-12.51	100 (передискретизований до 30)

### Найпоширеніші комбінації каналів для Sentinel-2a

<b>Комбінація Landsat 5, 7</b>	<b>Комбінація Landsat 8-9</b>	<b>Інформація</b>
03, 02, 01	04, 03, 02	
<i>Red, Green, Blue</i>		
		<p>Комбінація «природні кольори». У цій комбінації об'єкти земної поверхні мають вигляд схожий на той, яким вони сприймаються людським оком. Здорова рослинність на вигляд зелена, прибрані поля – світлі, нездорова рослинність – коричнева і жовта, дороги – сірі, берегові лінії – біляві. Ця комбінація каналів дає змогу аналізувати стан водних об'єктів, оцінювати глибини. Також використовується для вивчення антропогенних об'єктів. Вирубки і розріджена рослинність детектуються погано, важко відокремити один тип рослинності від іншого</p>

04, 03, 02	05, 04, 03	
<i>NIR, Red, Green</i>		
		<p>Стандартна комбінація «штучні кольори». Рослинність відображається у відтінках червоного, міська забудова – зелено-блакитних, а колір ґрунту варіюється від темно- до світло-коричневого. Насичені відтінки червоного є індикаторами здорової і (або) широколистяної рослинності, в той час як більш світлі відтінки характеризують трав'янисту або рідколісся / чагарникову рослинність. Ця комбінація дуже популярна і використовується для вивчення стану рослинного покриву, моніторингу ґрунту, а також для вивчення агрокультур</p>

07, 04, 02	07, 05, 03	
<i>SWIR-2, NIR, Green</i>		
		<p>Ця комбінація дає зображення, близьке до природних кольорів, та водночас дає змогу аналізувати стан атмосфери і дим. Здорова рослинність на вигляд яскраво-зелена, трава – зелена, яскраво-рожеві ділянки показують відкритий ґрунт, коричневі й оранжеві тони характерні для розрідженої рослинності. Сухостійна рослинність на вигляд помаранчева, вода – блакитна. Ця комбінація дає чудовий результат у процесі аналізу пустель і пустельних територій. Крім того, може бути використана для вивчення сільськогосподарських земель і водно-болотних угідь. Ця комбінація використовується для вивчення динаміки пожеж і постпожежного аналізу території. Згорілі території будуть яскраво-червоними на вигляд</p>

04, 05, 01	05, 06, 02	
<i>NIR, SWIR-1, Blue</i>		
		<p>Здорова рослинність відображається у відтінках червоного, коричневого, оранжевого та зеленого. Ґрунти можуть бути зеленими або коричневими на вигляд, урбанізовані території – білявими, сірими і зелено-блакитними, яскраво-блакитний колір може детектувати недавно вирубані території, а червонуватий – відновлення рослинності або розріджену рослинність. Додавання середнього інфрачервоного каналу дає змогу добитися гарного розрізнення віку рослинності</p>

04, 05, 03	05, 06, 04	
<i>NIR, SWIR-1, Red</i>		
		<p>Ця комбінація ближнього, середнього ІЧ-каналів і червоного видимого каналу дає змогу чітко розрізнити кордон між водою і сушею. Рослинність відображається в різних відтінках і тонах коричневого, зеленого й оранжевого. Ця комбінація сприяє аналізу вологості під час вивчення ґрунтів і рослинного покриву. Загалом, що вища вологість ґрунтів, то темнішими вони будуть, що обумовлено поглинанням водою випромінювання ІЧ-діапазону</p>

07, 05, 03	07, 06, 04	
<i>SWIR-2, SWIR-1, Red</i>		
		<p>Ця комбінація дає зображення, близьке до природних кольорів, але водночас дає змогу аналізувати стан атмосфери і дим. Рослинність відображається у відтінках темно- і світло-зеленого, урбанізовані території на вигляд білі, зелено-блакитні і малинові, ґрунт, пісок і мінерали можуть бути дуже різних кольорів. Практично повне поглинання в середньому ІЧ-діапазоні водою, снігом і льодом дає змогу дуже чітко виділити берегову лінію і підкреслити водні об'єкти на знімку. Гарячі точки (як, наприклад, кратери вулканів і пожежі) червоні або жовті на вигляд. Одне з можливих застосувань цієї комбінації каналів – моніторинг пожеж</p>

05, 04, 03	06, 05, 04	
<i>SWIR-1, NIR, Red</i>		
		<p>Як і комбінація 4-5-1, ця комбінація дає дуже багато інформації і колірних контрастів. Здорова рослинність на вигляд яскраво-зелена, а ґрунт – рожево-ліловий. На відміну від 7-4-2, що містить 7 канал і дає змогу вивчати геологічні процеси, ця комбінація уможливорює аналіз сільськогосподарських угідь. Ця комбінація дуже зручна для вивчення рослинного покриву і широко використовується для аналізу стану лісових угруповань</p>

07, 05, 04	07, 06, 05	
<i>SWIR-2, SWIR-1, NIR</i>		
		<p>Ця комбінація не містить жодного каналу з видимого діапазону і забезпечує оптимальний аналіз стану атмосфери. Берегові лінії чітко помітні. Може бути використана для аналізу текстури і вологості ґрунтів. Рослиність на вигляд блакитна</p>

### Супутники Sentinel

Copernicus – це програма Європейського космічного агентства (ESA), яка працює під керівництвом Європейського Союзу. Ця програма надає дані для оперативного моніторингу навколишнього середовища і цивільної безпеки. Усі дані безкоштовні і є у відкритому доступі.

Місії Sentinel: ESA нині розробляє ряд місій програми Sentinel. Кожна місія Sentinel ґрунтується на двох супутниках.

Sentinel-1 забезпечує денні і нічні спостереження за будь-якої погоди за радарними даними. Перший супутник Sentinel-1A був успішно запущений 2014 р., а другий – Sentinel-1B – 25 квітня 2016 р. 23 грудня 2021 р. на Sentinel-1B сталася аномалія, пов'язана із живленням електроніки приладів, і Європейська комісія оголосила, що це кінець місії Sentinel-1B. Sentinel-1C планувалося запустити в першій половині 2023 р.

Sentinel-2 забезпечує оптичні знімки з високою просторовою розрізненістю для моніторингу суші. Перший супутник Sentinel-2 успішно розпочав свою роботу 23 червня 2015 р.

Sentinel-3 забезпечує моніторинг океану і глобальний моніторинг Землі. Перший супутник Sentinel-3A був запущений 16 лютого 2016 р., а другий Sentinel-3B – 25 квітня 2018 р.

Sentinel-4 буде запущений 2023 р. Він надаватиме дані для моніторингу атмосфери і буде працювати разом із супутником третього покоління Meteosat.

Sentinel-5 Precursor містить набір датчиків Sentinel 5. Він був запущений 13 жовтня 2017 р. Основною його метою є уникнення розриву даних спостережень, особливо атмосферних SCIAMACHY, між припиненням роботи ENVISAT 2012 р. і запуском Sentinel-5 2021 р.

Sentinel-5 буде надавати дані для моніторингу атмосфери. Він буде запусканий разом з КА post-EUMETSAT Polar System (EPS) і почне свою роботу найближчим часом.

Sentinel-6 має на меті підтримувати високоточні місії альтиметрії (вимірювання висоти над рівнем моря), виконані супутником Jason-3. Sentinel-6A був запусканий 21 листопада 2021 р.

Sentinel-7 – це місія Carbonsat (вимірювання вмісту Карбону).

Sentinel-8 – це термічна інфрачервона місія.

Sentinel-9 – це інфрачервона місія вимірювань льоду і снігу.

Sentinel-10 – це гіперспектральна місія.



Супутник Sentinel-2A має спектральні канали, подібні до Landsat 8 (за винятком теплового каналу термічного інфрачервоного датчика Landsat 8). Серед 11 діапазонів Landsat 8 тільки короткохвильові (1-4 і 8) відповідають видимому спектру, інші чутливі до тих областей спектра, які людське око не розрізняє. Супутник Sentinel-2 веде зйомку у 12 спектральних каналах, канали RGB і NIR мають 10-м просторову розрізненість.




### Канали Sentinel-2




<b>Sentinel-2</b>	<b>Центральна довжина хвилі (мікрметри)</b>	<b>Просторова розрізненість (метри)</b>
1	2	3
Канал 1 – Аерозолі	0.443	60
Канал 2 – Синій	0.490	10
Канал 3 – Зелений	0.560	10
Канал 4 – Червоний	0.665	10
Канал 5 – Червоний	0.705	20
Канал 6 – Червоний	0.740	20
Канал 7 – Червоний	0.783	20
Канал 8 – NIR	0.842	10
Канал 8A – Червоний	0.865	20



1	2	3
Канал 9 – Водяна пара	0.945	60
Канал 10 – SWIR – Пір’їсті хмари	1.375	60
Канал 11 – SWIR	1.610	20
Канал 12 – SWIR	2.190	20

### **Найпоширеніші комбінації каналів для Sentinel-2a**

Комбінація Sentinel-2a	Інформація
<p>Природні кольори 04, 03, 02</p> <p><i>Red, Green, Blue</i></p>	<p>Комбінація «природні кольори». Оскільки в цій комбінації використовуються видимі смуги, наземні об’єкти відображаються у звичних кольорах для людини: здорова рослинність – зелена, недавно очищені поля – світлі, нездорова рослинність – коричнева і жовта, дороги – сірі, берегова лінія – біла. Однак водні об’єкти тут будуть надто темними через недостатнє проходження синього кольору крізь атмосферу, їх стан можна аналізувати й оцінювати глибину за насиченістю тону. Ця комбінація також застосовується для вивчення антропогенних об’єктів</p>
	
<p>Штучні кольори (рослинність) 08, 04, 03</p> <p><i>NIR, Red, Green</i></p>	<p>Комбінація «штучні кольори». Рослинність відображається у відтінках червоного, міська забудова – блакитна, а ґрунт варіюється від темних до світло-коричневих кольорів. Лід, сніг і хмари – білі або світло-блакитні. Це дуже популярна комбінація каналів, яка корисна для вивчення рослинності, моніторингу ґрунту і різних стадій зростання сільськогосподарських культур. Як правило, глибокі червоні відтінки вказують на широколистяну і/або більш здорову рослинність, у той час як більш світлі червоні позначають луки або ділянки з рідкою рослинністю. Ця комбінація дає результати, аналогічні інфрачервоній аерофотозйомці</p>
	

<p>Агро 11, 8А, 02</p>	
<p><i>SWIR1, Red8, Blue</i></p>	
	<p>Ця комбінація корисна для моніторингу сільськогосподарських культур. Яскраво-зелений колір представляє енергійну, здорову рослинність. Хвойні ліси на вигляд темно-зелені, а листяні – яскраво-зелені. Ділянки з рідкою рослинністю і голі ділянки відображаються коричневими і ліловими</p>
<p>Штучні кольори (урбо) 12, 11, 04</p>	
<p><i>SWIR2, SWIR1, Red</i></p>	
	<p>Ця комбінація також забезпечує «природне» зображення. Рослинність відображається у відтінках темно- та світло-зеленого кольору протягом вегетаційного періоду, міська забудова – білим, сірим, блакитним або фіолетовим. Практично повне поглинання каналів середнього ІЧ у воді, льоді і снігу забезпечує чітко окреслені берегові лінії. Сніг і лід на вигляд сині, вода чорна або темно-синя. Гарячі поверхні, як-от лісові пожежі і кратери вулканів, насичують смуги середнього ІЧ і показуються у відтінках червоного або жовтого. Одним з конкретних застосувань цього поєднання є моніторинг лісових пожеж</p>
<p>Земля / Вода 8А, 11, 04</p>	
<p><i>Red8, SWIR1, Red</i></p>	
	<p>Ця комбінація каналів підходить для виділення землі і води. Земля відображається у відтінках оранжевого і зеленого, лід виділяється у вигляді яскравого-пурпурного кольору, а вода – у відтінках синього</p>

<p>Здорова рослинність 8A, 11, 02</p>	
<p><i>Red8, SWIR1, Blue</i></p>	
	<p>Здорова рослинність відображається у відтінках червоного, коричневого, помаранчевого і жовтого кольорів. Ґрунти можуть бути зеленими і коричневими, міська забудова – білою, блакитною і сірою, червонуваті ділянки показують нову рослинність, ймовірно, рідкі луки. Чиста, глибока вода в цій комбінації буде дуже темною. Якщо вода мілка або містить відклади, вона буде мати відтінки світло-блакитного кольору. Це не дуже хороша комбінація для вивчення антропогенних об'єктів, як-от дороги, злітно-посадковий смуги.</p>
<p>Вегетаційний аналіз 11, 8A, 04</p>	
<p><i>SWIR1, Red8, Red</i></p>	
	<p>Ця комбінація надає користувачеві велику кількість інформації і колірних контрастів. Здорова рослинність яскраво-зелена, а ґрунти – лілові. Ця комбінація каналів корисна для вивчення рослинності і широко використовується в лісовому господарстві для виявлення ділянок дерев, які заражені шкідниками</p>
<p>Короткохвильовий інфрачервоний 12, 8A, 04</p>	
<p><i>SWIR2, Red8, Red</i></p>	
	<p>Ця комбінація каналів дуже корисна для досліджень рослинності, оскільки тут відбивна здатність у SWIR обумовлена головно вмістом води в листі або ґрунті. Отже, здорова рослинність із підвищеним вмістом води, а також прибережні райони відображаються яскраво-зеленим кольором, у той час як посушливі райони мають темно-зелений колір. Хвойний ліс – глибокого зеленого, а листяний ліс – яскраво-зеленого кольорів. Ґрунти – коричневі і лілові. Ця комбінація смуг підходить для вивчення стану рослинності, виявлення порушення ґрунтів, типу ґрунту тощо</p>

<p>Усунення впливу атмосфери 12, 8A, 03</p>	<p>Ця комбінація забезпечує «природну» передачу кольорів. Здорова рослинність буде яскраво-зеленою і може змінювати насичення в різні вегетаційні періоди, луки показуються зеленими, рожеві ділянки – безплідний ґрунт. Суха рослинність буде помаранчевою, а вода – синьою. Ця комбінація каналів забезпечує яскраві зображення для пустельних регіонів. Комбінація корисна для геологічних, сільськогосподарських і водно-болотних досліджень. Вогонь на вигляд червоний на знімках, і ця комбінація використовується для управління пожежами й аналізу згорілих лісових площ. Міська забудова відображається в різних відтінках пурпурного. Луки на вигляд світло-зелені. Світло-зелені плями всередині міста вказують на трав'янистий рослинний покрив – парки, кладовища, поля для гольфу. Оливково-зелені або яскраво-зелені відтінки зазвичай вказують на покриті лісом ділянки з хвойним лісом, а темно-зелені масиви – це листяний ліс</p>
<p><i>SWIR2, Red8, Green</i></p>	
	
<p>Сніг / Хмари 02, 11, 12</p>	<p>Ця комбінація хороша для виявлення снігу і льоду, тому що вони дуже відображаються у видимій частині спектра і дуже поглинаються в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні. Сніг і лід на вигляд яскраво-червоні. Що більше льоду, то сильніше поглинання в смугах SWIR і більш насичений червоний колір. Товстий лід і сніг показуються яскраво-червоними (або червоно-помаранчевими). Рослинність буде зеленуватою на вигляд у цій комбінації. Голий ґрунт – яскраво-блакитний. Вода буде дуже темною, оскільки вона поглинає червоний і SWIR, але невеликі краплі рідкої води в хмарах розсіюють світло рівною мірою як у видимому, так і на SWIR-діапазонах, і тому будуть здаватися білими</p>
<p><i>Blue, SWIR1, SWIR2</i></p>	
	
<p>Сніг / Хмари 02, 11, 12</p>	<p>Ця комбінація хороша для виявлення снігу і льоду, тому що вони дуже відображаються у видимій частині спектра і дуже поглинаються в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні. Сніг і лід на вигляд яскраво-червоні. Що більше льоду, то сильніше поглинання в смугах SWIR і більш насичений червоний колір. Товстий лід і сніг показуються яскраво-червоними (або червоно-помаранчевими). Рослинність буде зеленуватою на вигляд у цій комбінації. Голий ґрунт – яскраво-блакитний. Вода буде дуже темною, оскільки вона поглинає червоний і SWIR, але невеликі краплі рідкої води в хмарах розсіюють світло рівною мірою як у видимому, так і на SWIR-діапазонах, і тому будуть здаватися білими</p>
<p><i>Blue, SWIR1, SWIR2</i></p>	
