

### 3. Сучасні освітні технології та методики викладання

А. Б. Ачасов  
*achasov.ab@gmail.com*

#### Практичні аспекти застосування web-ГІС технологій і даних дистанційного зондування у навчанні

Проаналізовано значення інтернет-технологій під час підготовки студентів екологічних спеціальностей. Визначено, що із найзручніших сайтів, що надають доступ до безкоштовних сучасних космічних знімків, є Sentinel Hub, що репрезентує європейський проєкт глобального моніторингу навколишнього середовища і безпеки Copernicus. Sentinel Hub є web-ГІС платформою, яка дозволяє не лише переглядати багатоспектральні космічні знімки на будь-яку територію, але й надає можливості стосовно їх первинного аналізу. Наведено приклади практичного застосування знімків Sentinel для вирішення екологічних завдань і покращення професійної підготовки студентів-екологів.

**Ключові слова:** студенти, екологія, інформація, дистанційне зондування, космічні знімки, Sentinel.

*A. B. Achasov*  
*achasov.ab@gmail.com*

#### **Practical Aspects of Application of Web-GIS Technologies and Remote Sensing Data in Education**

Modern Internet technologies offer many opportunities for both accesses to large amounts of data and their analysis. Space images of the earth's surface are very important for the training of students of ecological specialties. One of the most convenient sites that provides access to free modern space imagery is the Sentinel Hub, which represents the Global Monitoring for Environment and Security programme known as Copernicus. Sentinel Hub is a web-GIS platform that not only allows you to view multispectral space images in any area, but also provides opportunities for their preliminary analysis. Examples of practical application of Sentinel images to solve environmental problems and improve the training of ecological specialties students of ecological specialties are given.

**Key words:** students, ecology, information, remote sensing, space images, Sentinel.

Одними із головних умінь і навичок, які мають опанувати студенти будь-якої спеціальності під час навчання в університеті, є вміння збирати та аналізувати необхідну інформацію, що зокрема зберігається у всесвітній мережі Інтернет. Для бакалаврів зі спеціальності «101 – Екологія» такі вимоги закріплені у переліку компетентностей випускника: «К02. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій» і «К23. Здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для екологічних досліджень».

Студенти-екологи через свою професійну спрямованість мають вміння опрацьовувати великі обсяги просторових даних. Одним із найпотужніших способів їх отримання є дистанційне зондування Землі загалом та космічне знімання земної поверхні зокрема. Найважливішими перевагами останнього є: можливість отримання одномоментних даних на значній території, достатньо швидке оновлення даних, можливість отримання інформації на важкодоступних територіях.

Починаючи з 2015 року після запуску космічного супутника Sentinel-2A, що відбувся в межах проєкту ЄС глобального моніторингу навколишнього середовища і безпеки Copernicus, ці переваги доповнилися ще двома: безкоштовність та повна доступність усіх знімків, достатньо висока якість зображень – розподільна здатність знімків сягає 10 м.

Ознайомитись з проєктом можна на його офіційній сторінці [1]. Для роботи з космічними знімками, що надають супутники Sentinel-2A і Sentinel-2B, в мережі Інтернет існує багато сайтів. Ми рекомендуємо Sentinel Hub – web-ГІС-платформу для аналізу супутникових даних.

Сайт надає багато можливостей для роботи зі знімками та має привабливий і зручний інтерфейс. Використовуючи вкладку Playground, можна обрати територію, яка цікавить, потрібну дату зйомки й переглянути наявні знімки (рис.1).

Важливою характеристикою місії Sentinel-2 є проведення зйомки в 13 діапазонах видимої та інфрачервоної частини електромагнітного спектра. Це дозволяє отримувати важливі характеристики ландшафтів, які не можна оцінити неозброєним оком. Наприклад, застосування четвертого (червоного) і восьмого (ближній інфрачервоної) каналів Sentinel-2 дозволяє розрахувати індекс NDVI, який надає можливість оцінити кількість біомаси

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4),$$

де B8 – інтенсивність відбитого сигналу в інфрачервоному діапазоні;

B4 – інтенсивність відбитого сигналу у червоному діапазоні.

Sentinel Hub дозволяє не лише переглядати результати зйомки за окремими діапазонами, але й одразу надає найбільш поширені їх комбінації. На рис. 2 подані зображення NDVI Харківської області (м. Харків у центрі знімку). Значення NDVI коливаються від 0 (червоний колір на зображенні) до 1 (зелений колір на зображенні). Чим ближче значення до 1 – тим більше біомаси зареєстровано в цьому елементі цифрового знімку (пікселі). Як бачимо, станом на 01.05.2020 р. для обраної території не спостерігається значних площ зеленого кольору, що є цілком логічним для цієї пори року. На знімку від 01.07.2019 р. навпаки, навколо Харкова чітко простежуються великі об'єкти з високими значеннями NDVI – лісові масиви.

Іншим прикладом доступних на сайті Sentinel Hub аналітичних матеріалів є індекс вологості земної поверхні, що ґрунтується на використанні знімків, які зроблені в інфрачервоному діапазоні (рис. 3)

$$MIB = (B8A - B11) / (B8A + B11),$$

де MIB – індекс вологості земної поверхні

B8A – інтенсивність відбитого сигналу у зменшеному інфрачервоному діапазоні;

B11 – інтенсивність відбитого сигналу у середньому інфрачервоному діапазоні.

Ілюстрації до статті: А. Б. Ачасов (achasov.ab@gmail.com). **Практичні аспекти застосування web-ГІС технологій і даних дистанційного зондування у навчанні** (С. 95–98)

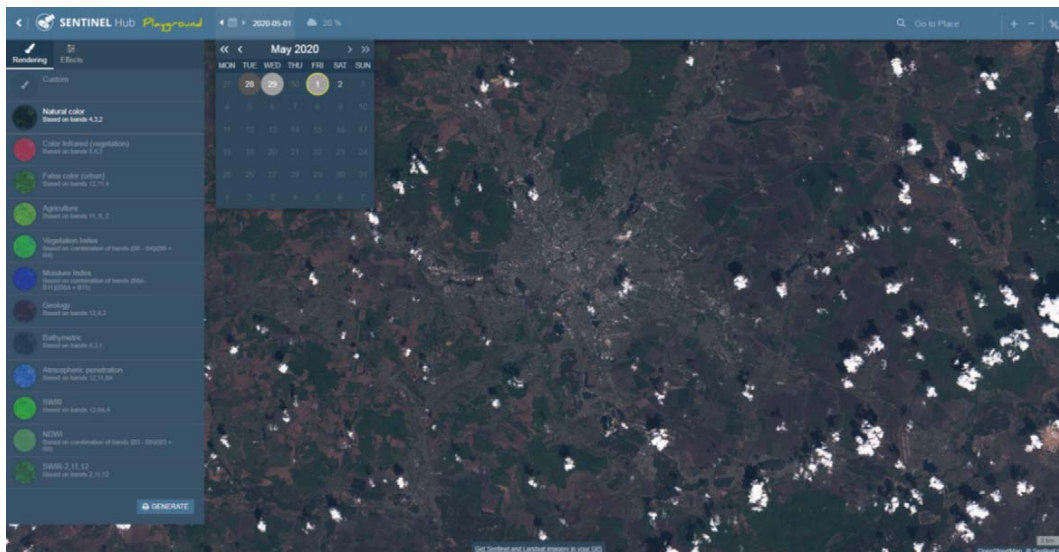
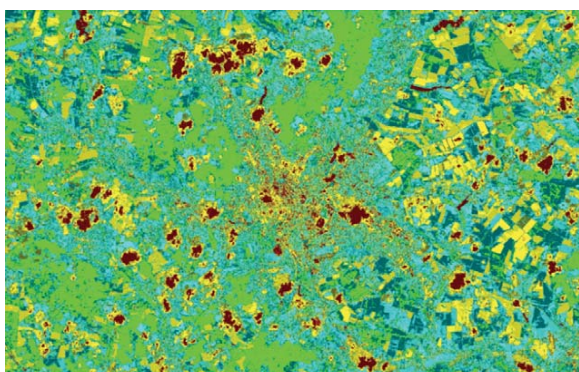
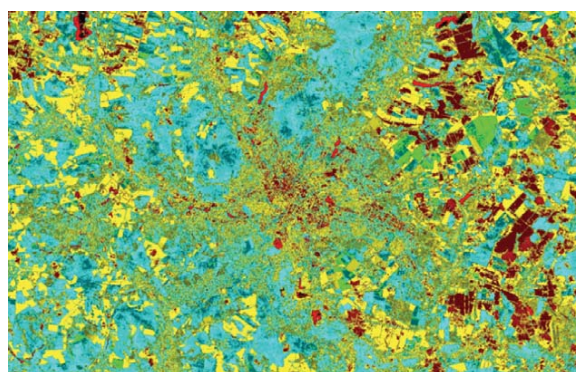


Рис. 1. Робоче вікно вкладки Playground зі знімком частини Харківської області станом на 01. 05. 2020 р.



01. 07. 2019 р.



01. 05. 2020 р.

Рис. 2. Динаміка індексу NDVI для частини Харківської області

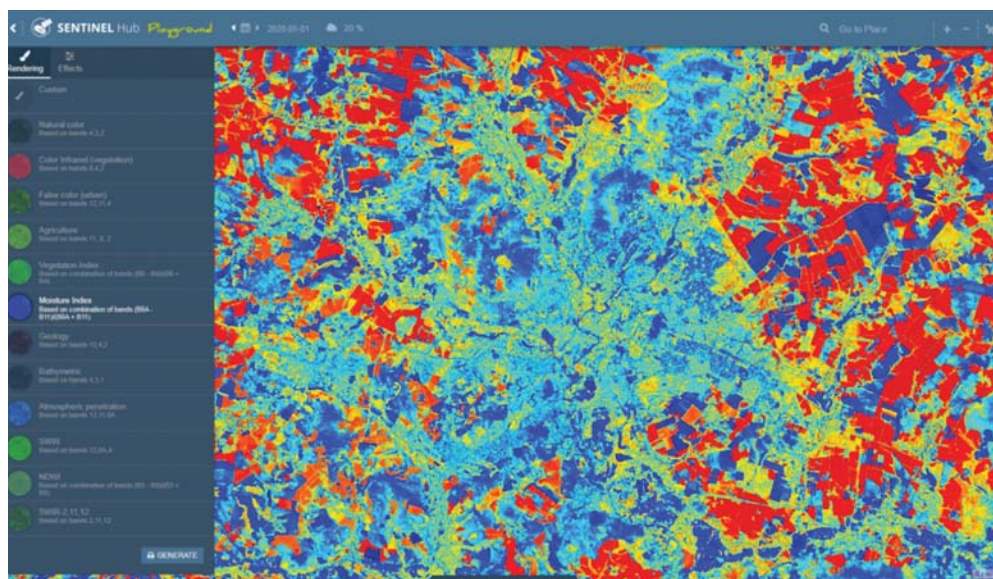
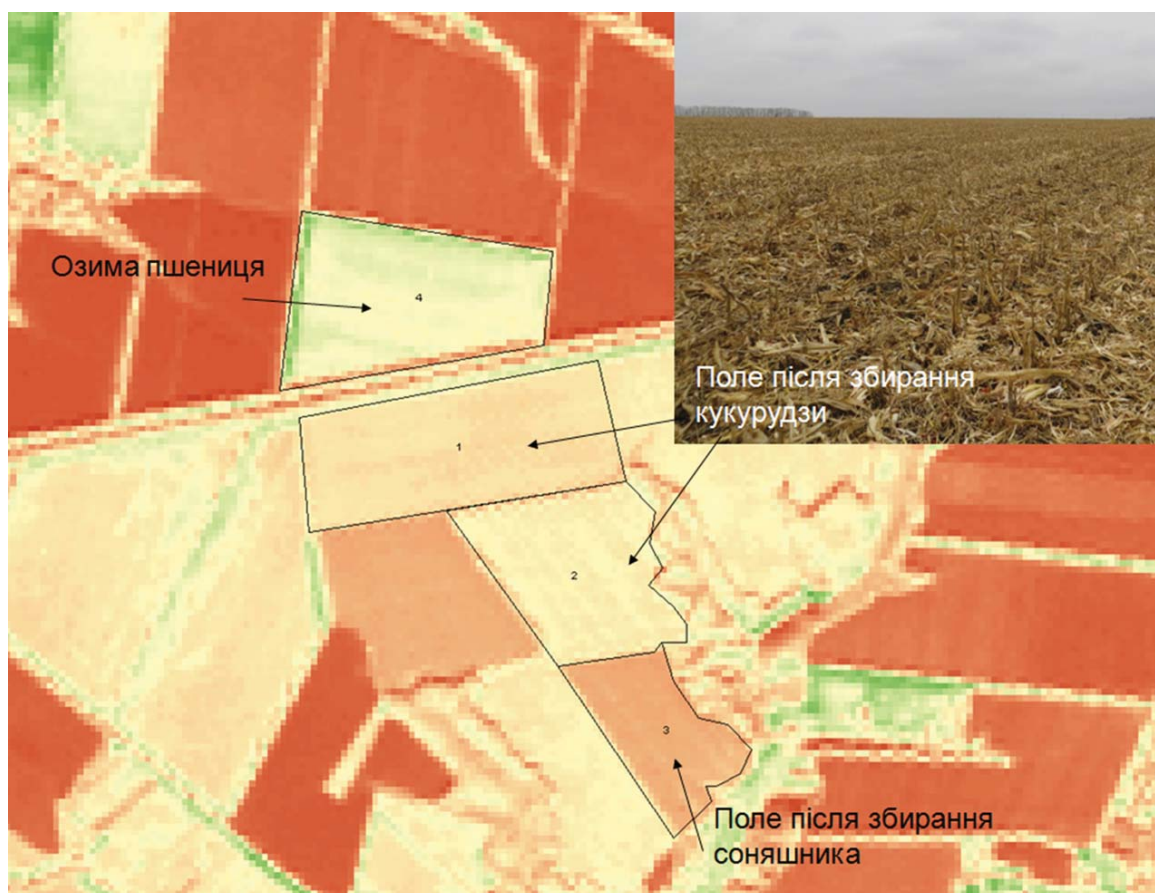
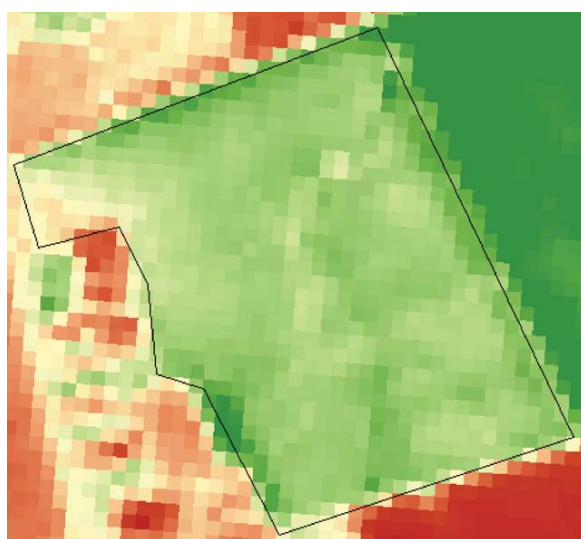


Рис. 3. Індекс MIB для частини Харківської області станом на 01. 05. 2020 р.

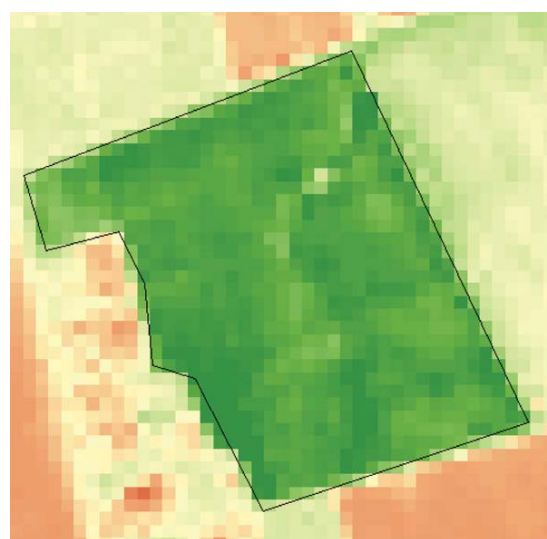




*Рис. 4. Приклад використання індексу NDVI для контролю стану полів 17. 11. 2016 р.*



23. 10. 2015 р.



25. 03. 2016 р.

*Рис. 5. Приклад використання індексу NDVI для визначення просторової неоднорідності ґрунтового покриття*

Подібна інформація дуже корисна під час опановування таких дисциплін, як «Методи дослідження параметрів навколишнього середовища», «Інформаційні системи в оцінці стану довкілля» та інших, що викладаються студентам-екологам.

Зокрема доступна оновлювальна просторова інформація вкрай необхідна для оцінки стану та моніторингу ґрунтового та рослинного покриву. Ці природні ресурси найповнішою мірою можна назвати «просторовими», адже управління ними має спиратись на континуальні картографічні дані.

Наприклад, одним з важливих екологічних правил ведення сільського господарства є дотримання сівозмін, тобто чергування сільськогосподарських культур в просторі та часі [2]. Недотримання сівозмін викликає виснаження ґрунту, його ерозію, зменшує врожайність культур. Попри це землекористувачі через економічні причини часто йдуть на порушення порядку сівозмін.

Проілюструємо можливості використання даних Sentinel для моніторингу і контролю стану полів. На рис. 4 відмічено поля з різним забарвленням і текстурою зображення.

Поля № 1–2 характеризуються жовтим кольором зі слабкочервоним відтінком, що свідчить про нестачу зеленої біомаси. Польове обстеження показало, що на цих полях було проведено збирання кукурудзи й більша частина ґрунту вкрита сухими рослинними рештками. На полі № 3 проведено збирання соняшника. Колір поля слабкочервоний, що свідчить про менше укриття поверхні ґрунту рослинними рештками. Поле № 1 має жовто-зелене забарвлення, що свідчить про наявність посівів озимої пшениці.

Використання знімків Sentinel на практичних заняттях дозволить опанувати методики моніторингу стану полів, адже періодичність зйомки становить лише 5 діб. За умов наявності невеликої бази даних сівозмін певного аграрного підприємства студенти навчаться відрізняти різні типи агрофонів, дистанційно відстежувати зміни, що відбуваються в агроландшафтах.

Набори даних Sentinel також можуть бути корисними під час вивчення студентами однієї з найперспективніших і найекологічніших концепцій ведення сучасного аграрного господарства – точного землеробства. Ідеологічною основою цієї концепції є максимально повне використання просторової інформації для досягнення економічного та екологічного ефекту. Наприклад, врахування неоднорідності ґрунтового покриву дозволяє оптимізувати внесення мінеральних добрив, що приводить до значної економії та дозволяє суттєво знизити навантаження на навколишнє середовище. Зрозуміло, що для просторової деталізації варіабельності ґрунтового покриву матеріали актуального космічного знімання є незамінним інформаційним засобом.

На рис. 5 наведена динаміка індексу NDVI для поля, де восени 2015 р. були посіяні озимі культури. Порівняння осіннього та весняного знімків показують, що структура зображення рослинного покриву зберігається.

Зокрема, чітко простежується лінійна зона зниженого значення NDVI, що розташована по діагоналі поля з півночі на південь.

Аналіз додаткових інформаційних джерел (топографічних карт) свідчить про наявність в цьому місці ерозійної форми рельєфу, що обумовлює знижену родючість ґрунтів, які тут розташовані. Фактично зображення NDVI є прототипом для створення детальних агрохімічних карт, що, зі свого боку, будуть основою технології точного землеробства.

Знімки Sentinel можуть не лише переглядатись у web-ГІС Sentinel Hub, але й бути завантажені у настільну геоінформаційну систему, що значно розширює можливості дешифрування та аналізу даних. Такою ГІС може бути QGIS. Вона належить до категорії відкритого програмного забезпечення і поширюється під ліцензією GNU General Public License [3].

Отже, наявність зручних інтернет-сервісів із банком безкоштовних багатоспектральних космічних знімків надає широкі можливості щодо покращення професійної підготовки студентів екологічних спеціальностей.

## Література

1. Copernicus : Overview [Electronic resource]. – Mode access : [http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview3](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview3).
2. Бойко П. І. Принципи розроблення систем різноротаційних сівозмін в Україні / П. І. Бойко, Д. В. Літвінов, Я. С. Цимбал, С. О. Кудря // Збірник наук. праць Нац. наук. центру "Інститут землеробства НААН" [Електронний ресурс]. – 2018. – Вип. 1. – С. 3–14. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml\\_2018\\_1\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2018_1_3).
3. Обзор QGIS [Електроний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.qgis.org/ru/site/about>.