

### Практична робота 3

## ТЕМА: «Дистанційний віддалений моніторинг фітоценозів засобами повітряного базування»

**Мета роботи:** засвоїти дистанційний віддалений моніторинг фітоценозів засобами повітряного базування (аерофотознімання та електронну, тепловізорну і радіолокаційну зйомку).

**Матеріали та обладнання:** підручники, електронні інформаційні ресурси, довідники.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В історичному аспекті початок проведення операцій віддаленого моніторингу аграрних угідь відноситься до 1950-х років, коли для потреб промисловості і сільського господарства почали робити перші фотографії з високоорбітальних літаків, а ще пізніше - 23 липня 1972 року, коли був запущений спеціалізований супутник Landsat 1 - з космічних супутників. За класичним визначенням Лілесанда та Кіфера (США) віддалене розпізнавання - це спосіб отримання інформації про об'єкт, область або явище через аналіз даних отриманих від пристрою, що не знаходиться в контакті з об'єктом, областю або явищем. Елачі (1987) дав таке визначення: "віддалений моніторинг - отримання інформації про об'єкт без фізичного контакту з ним". Відстань між об'єктом і датчиком може сягати багатьох кілометрів в залежності від поставлених завдань і фізичних можливостей проведення моніторингу.

ДЗЗ - вид віддаленого моніторингу агробіологічного та фізико- механічного стану сільськогосподарських полів з використанням електромагнітних хвиль за допомогою сенсорів, сканерів, оптичних пристроїв, радарів, фотоапаратів і іншого обладнання, що встановлене на пілотованих та безпілотних космічних об'єктах.

Віддалений моніторинг – технологічний напрямок з використанням спеціалізованих датчиків для збору відомостей про об'єкт або область без фізичного контакту з цим об'єктом або областю. Відстані, що відділяють датчик від об'єкту, або область, що контролюється, можуть сягати десятки тисяч кілометрів.

Дистанційне зондування стану полів може бути економічно вигідною альтернативою традиційним методам, що обумовлено можливістю аналізу великих площ швидко і з необхідною повторністю. Отримані дані цифрують і порівнюють з картографіями врожаю, картами типів ґрунту і іншими інформаційними ресурсами.

Знімки отримані на різних стадіях росту рослини допомагають встановити наявність (а в багатьох випадках і причину) стресу, що

викликаний нестачею поживних речовин. Також дані дистанційного моніторингу можуть бути використані для визначення площ вражених бур'янами, шкідниками або хворобами. Більш ефективно використання препаратів захисту рослин надає додаткові можливості для впровадження технологій ТЗ. Знімки зроблені перед сівбою або після збирання врожаю дозволяють оцінити нерівномірність ґрунтів, як основу місцевизначеного потенціалу вирощування сільськогосподарської продукції.

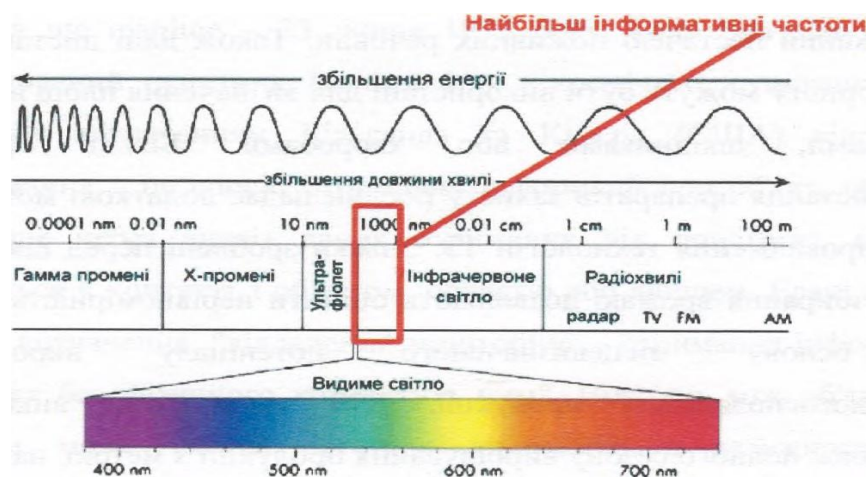
ДЗЗ може бути використане впродовж повного сезону вирощування продукції з метою, наприклад, формування високих врожаїв шляхом раннього виявлення і усунення можливих проблем, що забезпечує хліборобів засобом ідентифікації потенційних проблем перед тим, як ушкодження будуть безповоротними.

Дистанційне зондування базується на вимірюванні енергії електромагнітних хвиль, які відбиваються або випромінюються польовими об'єктами без контакту з ними. Безперервний спектр електромагнітних хвиль складається, (мал. 1) з довжин хвиль електромагнітної енергії від 0.0001 пш (Гамма випромінювання) до десятків метрів (радіохвилі).

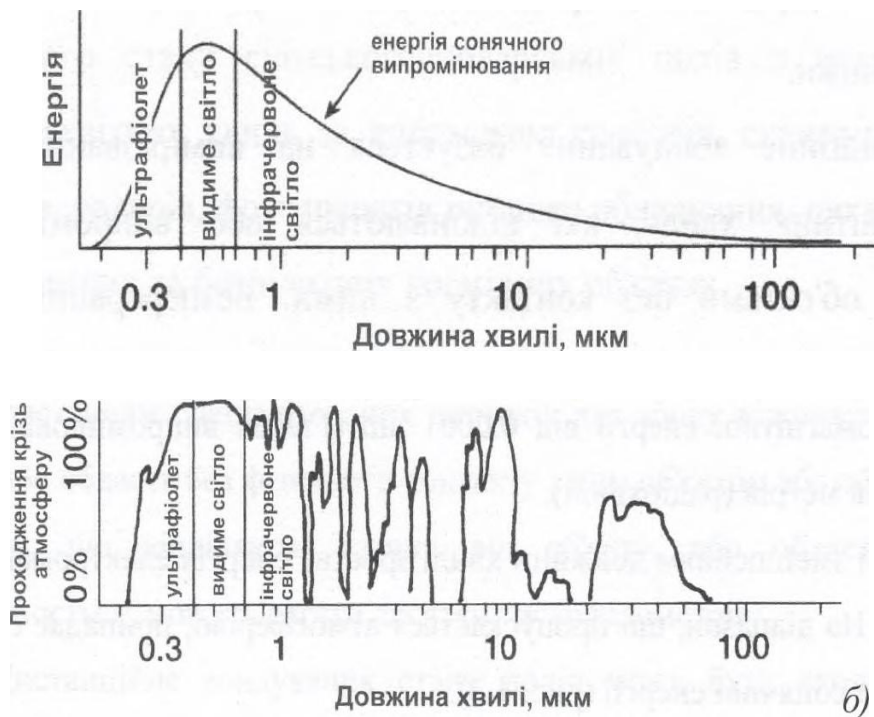
Зі зменшенням довжини хвилі зростає енергія електромагнітних хвиль. На діапазон, що пропускається атмосферою, припадає основна частина сонячної енергії (мал. 2).

Найбільш інформативною частиною спектру для використання в технологіях ТЗ є видиме світло і область інфрачервоного (ІЧ) спектру.

Цей діапазон довжин хвиль прийнято також поділяти на видимий (0,4 - 0,76 мкм; око людини «працює» в цьому діапазоні) і ближній інфрачервоний (0,76 - 3,0 мкм).

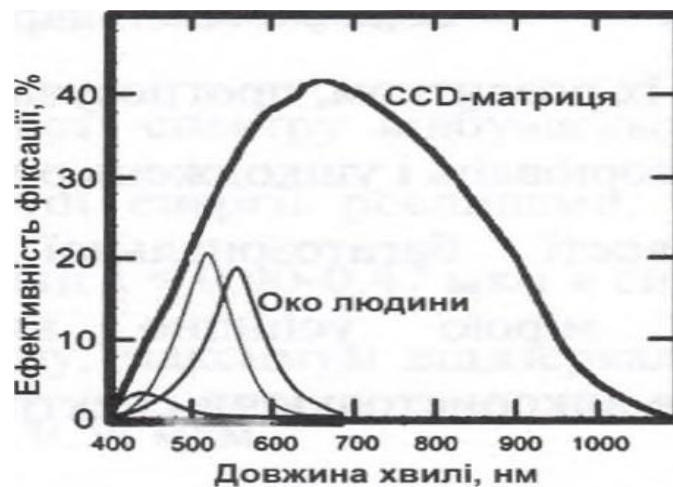


**Мал. 1. Частотний спектр систем дистанційного зондування**



Мал. 2. Енергія сонячного світла *a)* та інтенсивність проходження електромагнітної енергії крізь атмосферу Землі *б)* залежно від довжини хвилі

Зображення, отримані у світловому діапазоні виглядають «натурально» в сенсі зорового сприйняття. Тому в цій зоні спектру формуються детальні зображення земної поверхні, що використовуються для цілей картографування в різних масштабах. У світловому діапазоні працюють фотографічні, телевізійні, деякі інфрачервоні і лазерні системи ДЗЗ. В таких системах у якості детектора світла здебільшого використовують прилади із зарядовим зв'язком, так звані CCD-матриці (*charge-coupled device*), основною перевагою яких є досить широкий діапазон чутливості



Мал. 3. Частотний спектр, що сприймається оком людини і CCD-матрицею

Середній і далекий ІЧ діапазони спектру представлені двома "вікнами прозорості" в діапазонах близько 3-5 мкм і 8-14 мкм. На ці довжини хвиль припадає максимум власного теплового випромінювання Землі. Оскільки різні об'єкти, що знаходяться на земній поверхні, мають різні випромінюючі властивості, в цих діапазонах виходять знімки, що відображають теплову карту земної поверхні. Знімки зберігають форму природних об'єктів, проте їх тоновий і колірний контраст відрізняється від того, як це звикло сприймати око людини.

Сфера застосування знімків дослідження теплових властивостей об'єктів земної поверхні, побудова теплових полів їх випромінювання, моніторинг мереж тепlopостачання в містах тощо. У цьому спектральному діапазоні дистанційне зондування виконується ІЧ і лазерними системами.

Сільськогосподарське виробництво пов'язане з вирощуванням, в основному, трав'янистої рослинності. У дистанційному вивченні рослинності можна виділити наступні основні напрями:

- вивчення природних кормових угідь;
- дешифрування сільськогосподарських культур, спостереження за їх розвитком, прогнозування врожайності;
- виявлення захворювань і ушкоджень рослин.

Сучасні можливості багатозональної цифрової зйомки дозволяють значною мірою успішно вирішувати завдання перерахованих напрямів використовуючи спектральні характеристики трав'яної рослинності.

Спектральна характеристика випромінювання, що відбилося від рослин, в інтервалі довжин хвиль  $X = 0,4-2,6$  мкм, залежить, в основному, від інтенсивності поглинання радіації хлорофілом у видимій області і водою в середній інфрачервоній (ІЧ) зоні спектру, а також від інтенсивності віддзеркалення, обумовленого особливостями гістології листя, у ближній ІК зоні  $X = 0,75-1,3$  мкм.

Численними дослідженнями встановлено, що спектральна відбивна здатність здорових зелених трав'янистих рослин різних видів мало варіює. Типовий хід кривої коефіцієнтів спектральної яскравості (КСЯ) рослин показаний на Мал.

У видимій області спектру відбувається найбільш інтенсивна асиміляція променистої енергії рослинами. Максимум поглинання доводиться на інтервали  $X = 0,40-0,47$  мкм в синій і  $X = 0,59-0,68$  мкм в червоній зонах спектру, максимум віддзеркалення - в зеленій зоні з екстремумом близько 0,54 мкм.



**Мал. 4. Крива коефіцієнтів спектральної яскравості залежно від інтенсивності поглинання радіації хлорофілом**

У ближній ІЧ зоні відбивна здатність рослин максимальна - 40-50 % і більше. Залежить вона від структури мезофіла (основної тканини) листка. Оскільки структурні міжвидові відмінності бувають істотні, то найбільші відмінності КСЯ рослин спостерігаються саме ближній ІЧ зоні спектру.

Фенологічна (сезонна) динаміка рослин, а також зміни, обумовлені дефіцитом поживних речовин і води, надмірною засоленістю ґрунтів, призводять до більшої або меншої трансформації початкової кривої КСЯ. У міру розвитку рослин, поки забарвлення їх визначається хлорофілом, спостерігається деяке зниження інтенсивності віддзеркалення у видимій області спектру і збільшення у ближній ІЧ зоні. В період дозрівання культур і в'янення, внаслідок несприятливих вих умов зростання, у формуванні колірного аспекту рослин починають переважати каротини, центофіли (жовті пігменти) і антеціаніни (червоні пігменти). Інтенсивність віддзеркалення у видимій області спектру при цьому збільшується, хід кривої КСЯ вирівнюється з поступовим підвищенням у міру збільшення  $X$  і дещо зменшується в області ближньої ІЧ зони.

Одним з найважливіших чинників, що визначають спектральну відбивну здатність рослинних покривів, є їх морфологія. Одним з поширених критеріїв морфології є проектне покриття (ПП) - процент закриття ґрунту рослинністю. Інколи застосовують інший критерій - індекс площі листя (ІПЛ), що виражається відношенням площі листя до площі їх ортогональної проекції на поверхню поля. Обидва критерії, як показали численні дослідження, тісно пов'язано з надземною біомасою, яка, у свою чергу, може використовуватися для оцінки очікуваної врожайності культури, наприклад, зернових. Отже, через спектральну характеристику культур, що вивчаються, можна прогнозувати врожайність.

Основними задачами ДЗЗ (в межах сільськогосподарських потреб) є оцінка параметрів атмосфери для задач метеорології, відстежування природних катаклізмів, таких як посухи, повені, нашествия шкідників, що створює умови

готовності до непередбачених обставин і виконання меліоративних заходів. Ефективним є застосування ДЗЗ в агрострахуванні, коли з'являється можливість відстежити виконання технологічних операцій на полях, а також діагностувати наслідки небезпечних природних явищ, таких як посуха, зливи, град, вимерзання посівів тощо. Ця інформація допомагає об'єктивно вирішити питання, пов'язані з фіксацією страхових випадків і виплатою страхових компенсацій, пов'язаних з втратою врожаю.

Важливими є задачі створення атласу земель сільськогосподарського призначення, побудова тематичних планів і карт різного масштабу для цілей землевпорядкування; складання високоточних ґрунтових тематичних карт і планів населених пунктів. Зондування поля з космічних літальних апаратів, які знаходяться на орбіті Землі, у видимому та інфрачервоному спектрах випромінювання слугує джерелом отримання інформації про типи ґрунтів, ґрунтові запаси вологи та стан вирощуваного урожаю сільськогосподарських культур. Знімки земної поверхні, отримані шляхом космічної зйомки, відрізняються тим, що при цілісному характері зображення вони охоплюють великі площі тисячі кв. км.). Це дозволяє вивчати по космічним знімкам основні структурні, регіональні, зональні і глобальні особливості біосфери великих регіонів.

У зв'язку з відносно низькою роздільною здатністю (10-30 м) просторової інформації від високоорбітальних систем супутникового спостереження такі задачі, як моніторинг стану фітоценозів, оцінка втрат від шкідників та хвороб, прогноз місцевизначеного урожаю не мають попиту з боку фермерів. В Європі фермер може користуватися спеціалізованими веб-сервісами Європейського космічного агентства, що дозволяють оперативно відстежувати загальний вигляд сільгоспугідь. Це дозволяє певною мірою контролювати стан посівів за даними космічної зйомки, прогнозувати погоду, агрометеорологічні умови тощо. Результати моніторингу надаються у вигляді інтерактивних карт, графіків, діаграм.

В Україні для впровадження космічних технологій в сільськогосподарське виробництво, потрібна увага з боку уряду на державному рівні. Технічно Україна має усі доступні види космічної зйомки, які дозволяють проводити інвентаризацію сільськогосподарських угідь в масштабах країни. В Україні заплановано запуск серії супутників, один з яких - СІЧ-3-О - дозволяє робити знімки з роздільною здатністю до 0,6 м на піксель. Знання реальних площ і структури сільськогосподарських угідь дозволяють сформулювати політику по їх ефективному використанню.

Корисними для виконання моніторингових та кадастрових робіт є використання internet-сервісів таких, як Google Maps, NASA World Wind, Terraserver-US, Yahoo! Maps, Yandex maps тощо. Наприклад, програма Google Earth має зручний інтерфейс і надає доступ до супутникових зображень, що

прив'язані до світових координат, а також містить інструменти, які дозволяють виділяти контури полів, розставляючи опорні точки - вершини багатокутника, і зберігати геометричні фігури в світових координатах в файлі з розширенням \*.kml, що надзвичайно зручно для подальшої обробки та збереження результатів.

Точність прив'язки знімків в Google Earth є достатньою для проведення геометричних обчислень. Використання знімків Google Earth показують, що відхилення контрольних точок, отриманих за допомогою ДЕСП обладнання в режимі кінематики реального часу, становить 1-3 м. Більше 85 % території України покрито знімками з досить високою роздільною здатністю - до 3-х м на піксель і вище. Необхідно також відзначити, що точність визначення площі поля по космознімкам з роздільною здатністю 2 м становить для 1 га:  $\pm 8\%$ , 10 га:  $\pm 4,4\%$ , 100 га:  $\pm 0,8\%$ .

За виконання ДЗЗ в радіодіапазоні використовуються ультракороткі електромагнітні хвилі (УКВ), що мають довжину хвилі 1 мм - 30 см. Приймач випромінювання може фіксувати як власне мікрохвильове випромінювання об'єктів, так і відбите. В останньому випадку здійснюється опромінення земної поверхні з борту носія - радарні системи.

При радіолокації отримують зображення місцевості в радіохвильовому діапазоні електромагнітного випромінювання. Існують спеціально пристосовані для глибинних геологічних гідрологічних робіт багаточастотні радіолокаційні установки, що використовують сантиметрові та дециметрові хвилі.

Зйомка радіолокаційними станціями (РЛС) ділиться на зйомку бічного огляду і зйомку кругового огляду. Найбільша відстань до об'єктів, при якій вони виявляються, називається дальністю дії. При зйомці радіолокаційними системами посилаються сигнали, що випромінюються в певних напрямках і приймають сигнали так само з певних напрямів. Чим вужче діаграма спрямованості, тим вище роздільна здатність РЛС.

Радарні системи вигідно використовувати в регіонах, де сезон вирощування продукції супроводжується хмарною погодою, що затрудняє використання пасивних систем моніторингу. Використання радіолокаційного моніторингу особливо перспективне для отримання інформації про рельєф земної поверхні. Отримувані зображення використовуються також для моніторингу крижаних покривів, дослідження водних поверхонь і рішення інших подібних задач.

## ХІД РОБОТИ

### **Завдання:**

1. Ознайомитися із принципами дистанційного віддаленого моніторингу фітоценозів.

2. Засвоїти використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для агровиробництва.
3. Отримати знання виконання фотограмметричних робіт.

### **Література:**

1. Система точного землеробства: підручник /Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко; за ред. Л. В. Аніскевича. К. : НУБіП України, 2018. 566 с.
2. Вигера С.М. Природні і культурні фітоценози та принципи контролю їх біорізноманіття : монографія. Київ: НУБіП України, 2013. 300 с.
3. Вигера С. М., Басюк І. В., Сидоренко Л. П. Особливості контролю біорізноманіття за умов органічного виробництва фітопродукції. *Збірник статей з актуальних питань інноваційного консалтингу* / НУБіП України, кафедра аграрного консалтингу та сервісу. Київ : Аграр Медіа Груп, 2010. С. 130–134.
4. Войтюк Д. Г. Моніторинг фітосанітарного стану посівів в системі точного землеробства. *Зб. НАУ*. Київ Т. XI, 2002. С.76–80.
5. Доля М.М. Фітосанітарний моніторинг : навчальний посібник / за ред. М.М. Долі та Й.Т. Покозія. К. : НАУ, 2004. 214 с.