

## Практична робота 2

### ТЕМА: «Дистанційний ближній моніторинг фітоценозів»

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

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

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Дистанційний моніторинг засобами повітряного базування поділяють на аерофотознімання та електронну, тепловізорну і радіолокаційну зйомку. Якщо зйомку ведуть з борту засобів повітряного базування (літаки, квадрокоптери, повітряні кулі тощо) за допомогою фотообладнання, то її називають аерофотозніманням; якщо за допомогою цифрових телевізійних або електронних скануючих пристроїв - електронною аерозйомкою; якщо за допомогою тепловізорів в інфрачервоній частині спектру - тепловою або інфрачервоною зйомкою, а якщо радіолокаторами (при використанні яких отримують зображення земної поверхні у радіолокаційному спектрі електромагнітних хвиль) - радіолокаційною зйомкою.

Аерометоди для визначення фізичних та хімічних характеристик сільськогосподарських угідь дозволяють реєструвати інформацію з повітря в різних зонах спектру електромагнітних хвиль. Виходячи з цього, аерометоди розподіляють на аерофотографічні та аерофотоелектронні (цифрові).

Аерофотографічні методи в господарських цілях застосовують вже досить давно, вони працюють у всій видимій частині спектра випромінювання (0,4...0,8 мкм) і в ближній інфрачервоній частині спектра (0,8... 1,1 мкм).

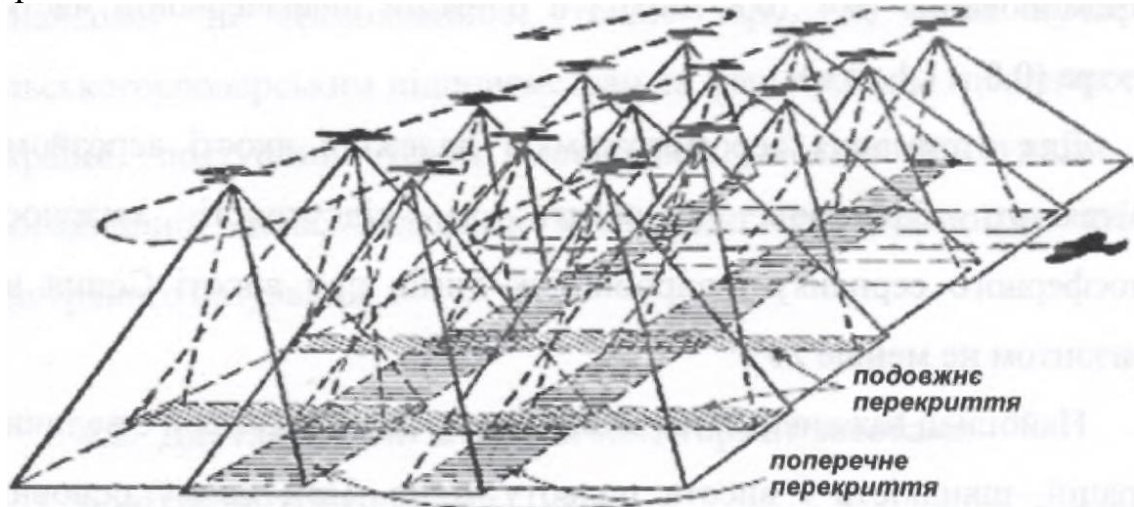
Для отримання аерофотознімків належної якості аерозйомку повітряного базування проводять за відсутності хмарності, атмосферного серпанку і виробничих димів при висоті Сонця над горизонтом не менше 20°.

Найбільш важливими параметрами носія фотокамери є величина вібрацій, швидкість і висота польоту тощо. При цьому основним економічним параметром носія є вартість польотної години. На загальну вартість аерофотознімків впливає також величина перекриття аерознімків, що виражається у відсотках від розміру знімка.

Для коректного прокладення маршруту при аерофотозніманні частина ділянки місцевості, сфотографованої на одному знімку, обов'язково має бути відображена і на іншому. Цю особливість аерофотознімків називають подовжнім перекриттям (Мал. 1).

Подовжнє перекриття — це відношення площі, сфотографованої на двох сусідніх знімках, до площі, зображеної на кожному окремому знімку, виражене у відсотках. Звичайне значення подовжнього перекриття на аерофотознімках складає 60 %, хоча в особливих випадках ці значення можуть бути змінені відповідно до вимог зйомки.

Якщо вимагається провести аерофотознімання великої по ширині ділянки, то фотографування заданої площі роблять серією паралельних маршрутів, що мають поперечне перекриття. При такому фотографуванні стандартне значення перекриття зазвичай складає 30 %.

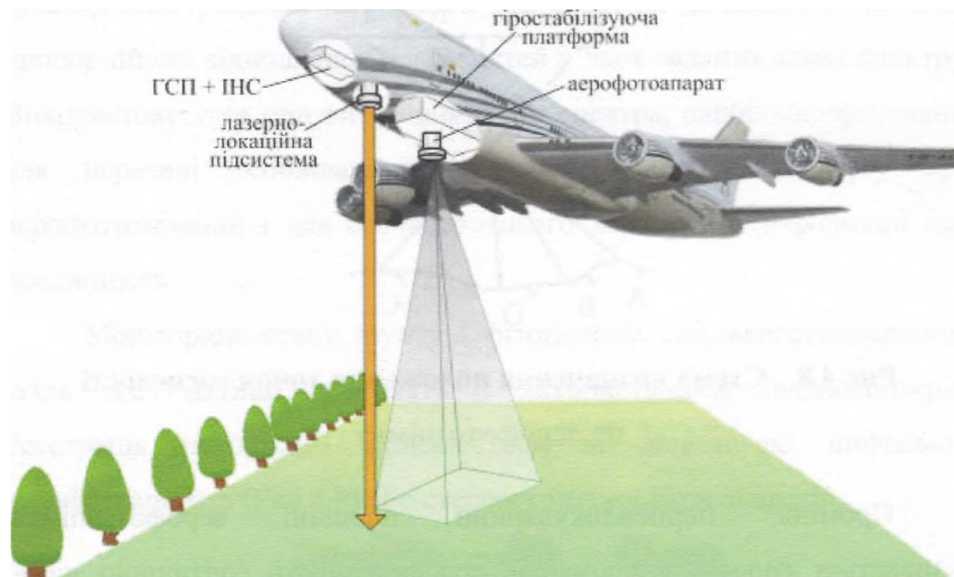


**Мал. 1. Аерофотознімання з подовжніми і поперечними перекриттями**

Для проведення аерофотознімання задаються висота польоту відносно фотографованої місцевості, фокусна відстань камери аерофотоапарата час і порядок прокладання маршрутів. Із-за вібрацій і змін кутів нахилу системи повітряного базування при аерофотозніманні в кожен момент фотографування центр проектування об'єктиву і площина аерознімка займають довільне положення. Величини, що визначають просторове положення знімка відносно прийнятої системи координат, називаються елементами зовнішнього орієнтування знімка. До них відносяться лінійні координати центру проектування і три кути, що визначають поворот знімка навколо трьох осей координат.

Для стабілізації у польоті положення знімальної камери і зменшення кутів відхилення її головної оптичної осі від прямовисної лінії використовують гіростабілізуючі платформи (Мал. 2).

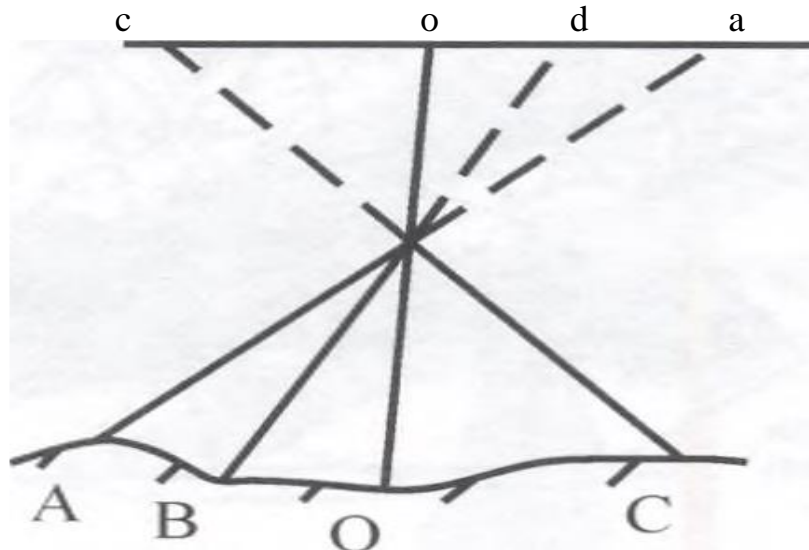
В основі конструкції таких платформ лежить гіроскопічний ефект при якому гіроскоп прагне зберегти незмінним просторове положення своєї осі обертання при нахилі площини, на якій він встановлений. В сучасних системах такий ефект досягається застосуванням приладів, виготовлених за МЕМС-технологіями.



**Мал. 2 Аерофотознімальний комплекс.**

Для визначення просторових координат центрів фотографування для наступної фотограмметричної обробки знімків використовують комплекс, що складається з СНС з інерціальною навігаційною системою (ІНС) і лазерно-локаційною підсистемою. Помилка визначення координат центрів фотографування цим методом не перевищує 0,1 м.

Зображення місцевості, що отримуються з літальних апаратів, - аерофотознімки, будуються за законами центральної проекції зв'язкою проєктуючих променів, що проходять через центр проєкцій  $S$ , яким являється центр об'єктиву, а картинною площиною - площиною чутливого елемента аерофотоапарата (АФА) (Мал. 3). Зображення на знімку кожної точки поверхні поля  $A, B, C, O$  (на знімку відповідно точки  $a, b, c, o$ ) отримують в результаті перетину відповідних променів з площиною аерофотознімка.



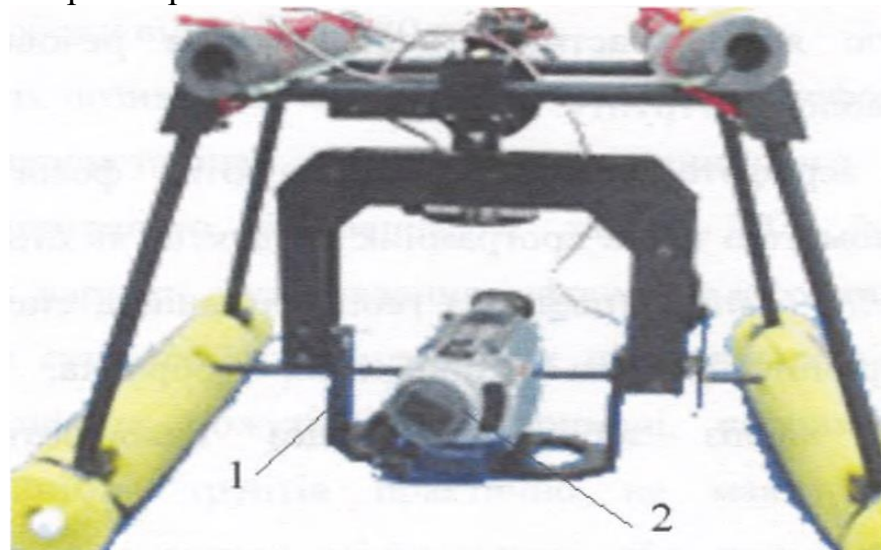
**Мал. 3 Схема визначення положення точок місцевості на аерофотознімку.**

Промінь, перпендикулярний площині аерофотознімка, називається головним променем аерофотознімка (оптичною віссю АФА), а основа перпендикуляра (точка О) - головною точкою аерофотознімка. Головна точка знімка знаходиться на перетині ліній, що сполучають відповідні координатні реперні (опорні) точки. Аналогове зображення характеризується форматом кадру, величиною фокусної відстані об'єктиву АФА, а також погрішностями, що виникають при його побудові за допомогою об'єктиву. Одними з основних характеристик аналогового зображення є роздільна здатність системи об'єктив-зображення і величина некомпенсованої дисторсії (порушення подібності зображення в площині аерофотознімка).

Для вимірів координат точок на аерознімках застосовують два способи - монокулярний і стереоскопічний, в основі яких лежать властивості монокулярного і бінокулярного (стереоскопічного) зору відповідно. Точність другого (за інших рівних умов) відповідно вища із-за вищої гостроти бінокулярного зору.

Спектрометричне аерознімання дозволяє отримувати спектральні коефіцієнти яскравості об'єктів і зображення останніх у вузьких спектральних інтервалах, підсилене за допомогою сигналів, пропорційних відношенню яскравостей у двох заданих зонах спектру. Використовується при визначенні зони спектра, найбільш ефективною для передачі особливостей того чи іншого ландшафту при аерофотозніманні і для безпосереднього збільшення інформації про рослинність

Моніторинг стану ґрунту і фітоценозів сільськогосподарських угідь все частіше проводять з використанням квадрокоптерів. Реєстрація інформації здійснюється за допомогою цифрового аерофотоапарата (Мал.4) або стереоскопічної пари апаратів.



**Мал. 4. Аерофотоапарат:**

*1 - рамка кріплення аерофотоапарату до засобу повітряного базування;  
2 – фотокамера*

Ультрафіолетове аерознімання базується на тому, що рослини під впливом ультрафіолетового випромінювання світяться (флюоресценція), що дозволяє зафіксувати їх контури на знімку. При застосуванні ультрафіолетового аерознімання можливо визначити уражені хворобами ділянки посівів.

Знімання в інфрачервоному діапазоні електромагнітного випромінювання дає можливість реєструвати об'єкти по їх температурним характеристикам. Приймачі відповідного випромінювання на борту літального апарату, дозволяють визначати різницю температур на суші і у воді з точністю до 1° С, завдяки чому на «теплових» аерознімках можна виявити водяні потоки під шаром рослинності.

Радарне аерознімання виконується при різних довжинах хвиль, частотах і формах імпульсів. Це дає можливість практично незалежно від стану атмосфери в будь-який час доби отримати таке зображення місцевості, по якому частково дешифрується речовинний стан, структура та вологість ґрунту.

Після аерофотографування виконують фотограмметричні роботи за допомогою таких програмних продуктів, як *ERDAS Imagine*, *ER Mapper*, *ENVI*, *Idrisi* (растрова геоінформаційна система - ГІС). Фотограмметричні роботи (попередня обробка, фільтрація, класифікація, аналіз зображень тощо) виконують в такій послідовності:

- введення і первинне формування зображень (перетворення в цифрову форму, переміщення в файл зображення службової інформації);
- попередня обробка зображення:
  - геометрична корекція;
  - радіометрична, спектральна і частотна корекція;
  - фільтрація шумів;
  - тематична обробка:
  - математичні і логічні операції над зображенням;
  - фільтрація зображення з метою контрастування, згладжування, виділення контурів, лінійних елементів тощо;
  - класифікація зображень (за спектральними і геометричними ознаками), яка може виконуватись в автоматичному режимі;
  - створення тематичних шарів (наприклад, за допомогою перетворень "растр - вектор");
  - введення результатів фотограмметричних робіт в загальну базу даних господарства.

Вартість проведення аерофотозйомки близько наступна:

- при об'ємі від 200 Га - 100 грн./га.
- при обсязі від 100 Га-150 грн./га.
- при обсязі від 30 Га - 180 грн./га.

За усіх позитивних моментах проведення аерофотознімальних робіт з використанням технологій дистанційного моніторингу засобами повітряного

базування, а також ДЗЗ, їх основними недоліками є вартість і час надання інформації (особливо у випадку застосування супутників і комерційних пілотованих літаків). Часто необхідні дані не можуть бути отримані, наприклад, за умов хмарності. Знімки ґрунтів практично не мають потенційного використання в системах мінімального або нульового обробітку ґрунту. Алгоритми і методи опрацювання даних дистанційного моніторингу також досить складні і в багатьох випадках знаходяться в стадіях розробок. Окрім цього слід розуміти, що більшу частину вартості проекту моніторингових робіт з інформаційного землеробства займають операції з ідентифікації отриманих зображень аерофотознімання. Для цього необхідна широка і постійно оновлювана база даних, накопичування і підтримка якої складає близько 90 % від усієї вартості проекту (Мал. 5).



*Мал. 5. Баланс витрат на виконання проекту інформаційного землеробства*

Тому треба з увагою відноситись до пропозицій сторонніх моніторингових компаній, які забирають усю вартість проекту, а комплекс робіт з накопичення ідентифікаційної бази даних перекладають на фермерське господарство.

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для сільського господарства дозволяє значно зменшити витрати на оренду авіатехніки, забезпечуючи при цьому збільшення ефективності робіт завдяки високій мобільності БПЛА.

Застосування БПЛА для сільського господарства допомагає оперативно вирішувати такі задачі:

- створення та оперативне оновлення електронних карт полів;
- ведення оперативного моніторингу стану посівних культур;

- визначення нормалізованого вегетативного індексу NDVI;
- оцінка стану сходів сільськогосподарських культур;
- прогноз урожайності полів;
- контроль якості збору врожаю.

Існують два основних варіанти конструкції БпЛА: літаковий та мультикоптерний. Перший варіант завдяки своїм високим аеродинамічним характеристикам відрізняється більшою швидкістю і тривалістю польоту, яка може досягати 3...4 год. Такі БпЛА здатні віддалятися на значні дальності від місця старту і здійснювати за один політ огляд великих площ полів - до 10...20 тис. га. Мультикоптери мають значно меншу швидкість польоту та меншу тривалість польоту, в середньому до 30 хв. У той же час мультикоптери більш прості в експлуатації і можуть зависати над заданою точкою поля. Продуктивність мультикоптерів за добу може складати 500... 1000 га. Застосування таких БпЛА має перевагу для порівняно малих господарств, які не потребують моніторингу великих площ полів.

У табл. 1 наведені основні характеристики БпЛА літакового та мультикоптерного типів, що знаходять застосування у сільському господарстві.

Таблиця 1. Основні характеристики БпЛА літакового (Л) та мультикоптерного (МК) типу

Характеристики БпЛА, тип	Маса, кг / Розмах крила, м	Швидкість польоту, км/год Висота польоту, м	Тип двигуна Час польоту, хв.	Обладнання для моніторингу
Ebee SQ (фірма Sense Fly, Швейцарія), Л	1,1	40...110	Електро	Мультиспектральна камера Sequoia (100 га за 1 виліт)
	1,1	-	55	
Lancaster (фірма Precision NAWF, Канада), Л	3,6	50...80	Електро	3 типи камер: EO, ІЧ, МСп (200 га за 1 виліт)
	1.5	2500	45	
Phoenix 2 (фірма Sentera), Л	2	30...60	Електро	3 типи камер: EO, ІЧ, МСп і радіометр
	-	-	60	
Au Eagle RX60, Л	-	-	Електро	Фотокамера (220 га за виліт)
	-	-	60	
UX5 (фірма Trimble, Франція), Л	2,5	-	Електро	Фотограмметричний модуль (200 га за виліт)
	-	-	50	
М-6 Жайвір (МПУБА)	10	120... 160	-	Оптична камера

“Віраж”, Україна), Л	1,6	1000	-	
CD-600 (фірма Drone.UA, Україна), МК	4,5	30...40	Електро	Оптична камера
	-	300	-	
АЕЕ R100 (фірма Shenzhen АЕЕ Technology, КНР), МК	6	70... 100	Електро	2 типи камер: ЕО, ІЧ
	-	1000	40	
Аwing Х5 (фірма Guadrant, КНР), МК	6	30...54	Електро	2 типи камер: ЕО, ІЧ
	-	3000	-	

БПЛА обох типів можуть застосовуватись сумісно. Спочатку виконується моніторинг полів за допомогою БПЛА літакового типу. За результатами обробки отриманих матеріалів повітряного спостереження визначаються окремі проблемні ділянки полів, що потребують додаткового дослідження. Уточнення даних моніторингу виконується за допомогою БПЛА мультикоптерного типу. Такий підхід дозволяє реалізувати переваги кожного типу БПЛА і за рахунок цього забезпечити їх максимально ефективно застосування.

Найбільш розповсюдженим класом БПЛА в Україні стали БПЛА літакового типу із можливістю сканування до 400 га за один виліт. Вітчизняна компанія Drone.UA створює власні апарати, які близькі за своїми характеристиками до закордонних аналогів, але дешевші в середньому в 10 разів у порівнянні з такими БПЛА, як SensFlyeBee, що коштують близько 25 тис. дол. США.

Українська тенденція зростання попиту на БПЛА для сільського господарства є частиною світового тренду. Згідно з дослідженнями Всесвітньої організації безпілотних систем (Organization for Unmanned Vehicle Systems World Wide) загальна економічна ефективність застосування БПЛА в сільському господарстві до 2025 року досягне близько 82 млрд. дол. США.

## ХІД РОБОТИ

### **Завдання:**

1. Ознайомитися із принципами дистанційного ближнього моніторингу фітоценозів.
2. Засвоїти використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для сільського господарства.
3. Отримати знання виконання фотограмметричних робіт за допомогою таких програмних продуктів, як *ERDAS Imagine*, *ER Mapper*, *ENVI*, *Idrisi* (растрова геоінформаційна система - ГІС).



### 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.