

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра таксації лісу та лісового менеджменту

---

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Директор ННІ лісового і садово-паркового  
господарства

\_\_\_\_\_ П. Лакида

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**

на засіданні кафедри таксації лісу та лісового  
менеджменту

Протокол № \_\_\_\_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А. Білоус

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Дистанційне зондування Землі

---

спеціальність \_\_\_\_\_ 205 – «Лісове господарство»

ННІ \_\_\_\_\_ лісового і садово-паркового господарства

Розробники: \_\_\_\_\_ професор, докт. с.-г. наук, доц. Миронюк Віктор Валентинович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2021 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни

### Дистанційне зондування Землі

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітній ступінь		
Галузь знань	20 – Аграрні науки та продовольство	
Освітній ступінь	«Бакалавр»	
Спеціальність	205 – «Лісове господарство»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4,0	
Кількість змістових модулів	2	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	2–3
Семестр	3	5–7
Лекційні заняття	15 год.	6 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	
Лабораторні заняття	–	6 год.
Самостійна робота	60 год.	108 год.
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни «Дистанційне зондування Землі» полягає у вивченні теоретичних основ дослідження стану й динаміки лісового фонду, а також одержання практичних навичок застосування матеріалів супутникової зйомки для завдань обліку й моніторингу лісів.

Завдання дисципліни полягають у професійній підготовці фахівців лісового профілю з питань комплексного застосування наземних і дистанційних методів дослідження лісів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

**знати:**

- фізичні основи дистанційного зондування Землі;
- активні та пасивні методи дистанційного зондування;
- сучасні літальні апарати та характеристики основних сенсорів, які використовуються для моніторингу лісових ресурсів;
- зміст геометричної та радіометричної корекції супутникових знімків;
- методи дешифрування мультиспектральних супутникових знімків;
- комп'ютерні програми для обробки даних дистанційного зондування Землі;
- теоретичні основи обліку лісових ресурсів із використанням матеріалів супутникової зйомки;

- природу помилок матеріалів тематичного дешифрування супутникових знімків;
- особливості поєднання матеріалів дистанційного зондування Землі та наземних вимірювань для одержання інтегральної оцінки лісових ресурсів в статичній та динамічній.

**вміти:**

- завантажувати дані супутникової зйомки із загальнодоступних сервісів;
- використовувати програмне забезпечення для обробки супутникових знімків;
- створювати навчальні вибірки для дешифрування даних дистанційного зондування Землі;
- застосовувати окремі методи контрольованої класифікації супутникових знімків для дешифрування вкритих і неvkритих лісовою рослинністю ділянок, лісових насаджень різного породного складу;
- аналізувати динаміку лісового покриву на основі аналізу часових серій супутникових знімків;
- оцінювати точність тематичних продуктів дистанційного зондування Землі;
- створювати лісові карти за результатами дешифрування даних дистанційного зондування Землі.

Набуття компетентностей:

**загальні компетентності (ЗК):**

- знання предметної області та розуміння завдань професії щодо обліку та оцінки стану лісів дистанційними методами (ЗК7);
- здатність застосовувати знання в практиці моніторингу лісів (ЗК8);
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями з дослідження лісів на основі дистанційних технологій (ЗК9);

**фахові (спеціальні) компетентності (СК):**

- здатність аналізувати стан дерев, лісостанів на основі супутникових знімків (СК4);

### **3. Програма та структура навчальної дисципліни**

#### **ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1.**

#### **ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

##### **Тема лекційного заняття 1.**

##### **Історичні аспекти розвитку методів дистанційного зондування Землі**

Історія розвитку методів дистанційного зондування Землі в контексті обліку лісів. Використання аерокосмічних методів в лісовому господарстві. Впровадження аерофотозйомки в систему лісовпорядкування в другій половині ХХ століття. Раціональне поєднання наземної таксації та дешифрування аерофознімків як спосіб удосконалення науково-методичного рівня обліку лісів. Технологія аналітично-вимірювального дешифрування матеріалів аерофотозйомки.

Розвиток методів супутникової зйомки земної поверхні. Перші штучні ресурсні супутники Землі та їхня роль у дослідженні лісів. Розвиток комп'ютерних методів обробки супутникової інформації. Створення загальнодоступних ресурсів космічного моніторингу лісів. Удосконалення технічних параметрів супутникової зйомки та зміна політики доступу до даних дистанційного зондування Землі. Сучасні напрями використання матеріалів дистанційного зондування Землі в дослідженні лісових ресурсів.

## **Тема лекційного заняття 2.**

### **Сучасні сенсори та платформи для моніторингу лісів**

Характеристика електромагнітного випромінювання в дистанційному зондуванні Землі. Електромагнітний спектр та його властивості. Взаємодія випромінювання з атмосферою та поверхнею Землі. Характеристика спектральних відбивних властивостей різних об'єктів земного покриву за допомогою електромагнітного спектру.

Загальна класифікація сенсорів і платформ дистанційного зондування Землі. Активні та пасивні сенсори. Мультиспектральна і гіперспектральна супутникова зйомка. Дані LIDAR і RADAR для дослідження просторової структури лісового покриву. Параметри орбіт, темпоральне розрізнення різних сенсорів, його значення для різних завдань моніторингу лісів. Характеристика спектральних діапазонів основних систем дистанційного зондування Землі: MODIS, Landsat, SPOT, Sentinel. Одержання і передача даних дистанційного зондування Землі.

## **Тема лекційного заняття 3.**

### **Супутникові знімки та формати даних дистанційного зондування Землі**

Просторове, спектральне та радіометричне розрізнення супутникових знімків. Співвідношення між просторовим розрізненням супутникових знімків і масштабом тематичних карт. Особливості використання знімків різного просторового розрізнення для задач картографування лісів. Формати збереження та передачі супутникової інформації.

Основні програмні продукти для обробки супутникових знімків. Інтеграція даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем у лісовому господарстві. Веб-технології обробки супутникової інформації.

## **Тема лекційного заняття 4.**

### **Попередня обробка супутникових знімків**

Радіометрична корекція супутникових знімків. Техніка приведення цифрових значень пікселів знімків до відбиття на сенсорі за методикою DOS. Геометрична корекція знімків. виправлення спотворень, викликаних нерівністю земної поверхні. Використання цифрових моделей рельєфу і наземних контрольних точок для створення ортофотопланів.

Проблема наявності якісних супутникових знімків на об'єкт досліджень. Поєднання кількох сцен супутникових знімків у вигляді мозаїк. Методи видалення хмар. Використання сезонних композитних мозаїк для завдань картографування лісів. Техніка створення «найбільш зеленого» композитного зображення з часової серії знімків.

Покращення візуального сприйняття цифрових супутникових знімків. Інтерпретація комбінацій спектральних каналів супутникових знімків. Методи збільшення контрасту зображень. Перетворення знімків типу «Tasseled-Cap Transformation». Аналіз методом головних компонент. Розрахунок індексних зображень. Характеристика основних вегетаційних індексів, особливості їхнього використання для дешифрування лісових територій.

## **ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 2.**

### **ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ДОСЛІДЖЕННІ ЛІСІВ**

## **Тема лекційного заняття 5.**

### **Тематична обробка супутникової інформації**

Поняття спектральних сигнатур. Принципи поєднання в навчальній вибірці результатів наземних спостережень, спектральних даних та іншої допоміжної інформації.

Використання методів візуального дешифрування навчальної вибірки. Переваги стратифікованої вибірки під час дешифрування лісових насаджень. Програмні продукти для візуального дешифрування навчальних вибірок в режимі он-лайн (Collect Earth, Geo-WIKI). Створення схеми класифікації супутникових знімків, визначення кількості тематичних класів. Методи оптимізації кількості предикативних змінних під час класифікації.

Контрольована та неконтрольована класифікація супутникових знімків. Алгоритми кластеризації ISODATA, K-MEANS. Параметричні методи класифікації даних дистанційного зондування Землі, їхні переваги і недоліки. Класифікаційні дерева та дерева прийняття рішень. Методи машинного навчання для класифікації супутникових знімків: Random Forest, Support Vector Machine, k-Nearest Neighbors.

Методи оцінки точності класифікації. Матриця помилок, загальна точність класифікації.

#### **Тема лекційного заняття 6.**

##### **Дешифрування таксаційних показників лісових насаджень**

Поняття лісової маски. Техніка відокремлення вкритих і неvkритих лісовою рослинністю ділянок під час класифікації супутникових знімків. Аналіз сезонної динаміки різних типів земного покриття для дешифрування лісових територій. Спектрально-відбивні властивості листяних і хвойних деревних видів. Ідентифікація окремих деревних видів за мультиспектральними та гіперспектральними супутниковими знімками.

Відтворення неперервного розподілу таксаційних показників лісових насаджень за результатами дешифрування супутникових знімків. Дешифрування суми площ поперечних перерізів і запасу лісових насаджень. Моделювання наземної біомаси лісових насаджень. Поєднання спектральної та додаткової інформації для підвищення точності класифікаційних моделей. Використання топографічних і кліматичних показників під час дешифрування таксаційних показників лісових насаджень. Градієнтний аналіз під час класифікації даних дистанційного зондування Землі.

Поєднання вибіркової інвентаризації лісів і даних дистанційного зондування Землі для виведення статистичних оцінок лісового фонду та тематичного картографування лісів. Особливості реалізації вибірково-статистичної інвентаризації лісів із використанням даних дистанційного зондування Землі в Країнах Європи і Північної Америки. Проблеми розвитку національної інвентаризації лісів України.

#### **Тема лекційного заняття 7.**

##### **Моніторинг лісових пожеж за даними супутникової зйомки**

Вимоги до супутникової інформації для систем охорони лісів від пожеж. Алгоритми виявлення активних пожеж за даними продуктів системи MODIS про термальні аномалії. Відтворення історичного розподілу пожеж на основі даних системи FIRMS. Ймовірність ідентифікації осередків загорання. Картографування згарищ. Вегетаційні індекси, які використовуються для дешифрування інтенсивності пожеж. Використання історичних даних про загорання в системі моделювання та прогнозу ризиків пожеж.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							заочна форма						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Змістовий модуль 1. Фізичні основи дистанційного зондування Землі</b>														
Тема 1. Історичні аспекти розвитку методів дистанційного зондування Землі	1–2	14	2	4			8	30						30
Тема 2. Сучасні сенсори та платформи для моніторингу лісів	3–4	16	2	4			10	30	2		2			26
Тема 3. Супутникові знімки та формати даних дистанційного зондування Землі	5–6	16	2	4			10							
Тема 4. Попередня обробка супутникових знімків	7–8	14	2	4			8							
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		<b>60</b>	<b>8</b>	<b>16</b>			<b>36</b>	<b>60</b>	<b>2</b>		<b>2</b>			<b>56</b>
<b>Змістовий модуль 2. Прикладні аспекти застосування даних дистанційного зондування Землі в дослідженні лісів</b>														
Тема 5. Тематична обробка супутникової інформації	9–10	20	2	4			14	30	2		2			26
Тема 6. Дешифрування таксаційних показників лісових насаджень	11–13	20	3	6			11	30	2		2			26
Тема 7. Моніторинг лісових пожеж за даними супутникової зйомки	14–15	20	2	4			14							
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>		<b>60</b>	<b>7</b>	<b>14</b>			<b>39</b>	<b>60</b>	<b>4</b>		<b>4</b>			<b>52</b>
<b>Усього годин</b>		<b>120</b>	<b>15</b>	<b>30</b>			<b>75</b>	<b>120</b>	<b>6</b>		<b>6</b>			<b>108</b>

#### 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Супутникові знімки та формати даних дистанційного зондування Землі	4
2	Аналіз спектрально-відбивних властивостей різних типів земного покриву	4
3	Контурне дешифрування супутникових знімків	4
4	Створення навчальних вибірок	4
5	Контрольована класифікація супутникових знімків	4
6	Оцінка точності класифікації	4
7	Встановлення площі лісового фонду	2
8	Підготовка лісових карт	4
	<b>Разом</b>	<b>30</b>

## **5. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань здобувачами вищої освіти**

1. Що означає поняття «дистанційне зондування Землі»?
2. Охарактеризуйте історичні передумови виникнення та розвитку методів лісового дешифрування матеріалів дистанційного зондування Землі.
3. Перелічіть сучасні напрями використання матеріалів дистанційного зондування Землі для задач лісового господарства.
4. Для яких завдань використовуються дані дистанційного зондування Землі в системі лісовпорядкування. Охарактеризуйте перспективні напрями використання дистанційного зондування в лісовій інвентаризації.
5. Який взаємозв'язок між лісовою картографією та дистанційним зондуванням Землі?
6. Назвіть діапазон довжин хвиль видимого електромагнітного випромінювання.
7. Які діапазони світлового спектру використовуються в дистанційному зондуванні лісових ресурсів?
8. Які довжини хвиль дозволяють ідентифікувати загорання в лісах? Назвіть системи дистанційного зондування Землі, які використовуються для моніторингу лісових пожеж.
9. Охарактеризуйте технічні параметри сучасних знімальних систем Landsat, Spot, Sentinel.
10. Які параметри визначають якісні характеристики матеріалів дистанційного зондування Землі?
11. Що називається «вікнами прозорості»?
12. Наведіть класифікацію матеріалів дистанційного зондування Землі за спектральним діапазоном.
13. Що означає термін «просторове розрізнення» супутникових знімків?
14. Які особливості має сканерна зйомка порівняно з фотографуванням?
15. Наведіть відмінності між активними і пасивними сенсорами дистанційного зондування Землі.
16. Назвіть супутники, призначені для дослідження природних ресурсів.
17. Що таке темпоральне розрізнення супутникових знімків? Наведіть його значення для найпоширеніших систем дистанційного зондування Землі.
18. Розкрийте завдання радіометричної корекції супутникових знімків.
19. Що таке «ортофотоплан»? Як він створюється?
20. Опишіть основні методи видалення хмар.
21. Охарактеризуйте процедуру попиксельної комбінації часових серій супутникових знімків у сезонні композитні мозаїки.
22. Назвіть основні комбінації спектральних каналів супутникових знімків Landsat, доцільні для покращення візуального сприйняття інформації.
23. Як розраховується вегетаційний індекс NDVI?
24. Назвіть основні завдання спектральних перетворень супутникових знімків.
25. Які ознаки дешифрування називаються прямими і непрямими?
26. В чому полягає особливість візуального дешифрування лісових насаджень за породним складом, віком, висотою, зімкнутістю?
27. Поясніть зміст аналітично-вимірального дешифрування даних дистанційного зондування Землі.
28. Які ви знаєте програмні засоби обробки даних дистанційного зондування Землі?
29. Перелічіть основні методи контрольованої і неконтрольованої класифікації супутникових знімків.
30. Назвіть способи формування навчальної вибірки. Які показники можуть поєднуватися в навчальній вибірці?
31. Опишіть основні глобальні продукти лісового покриву.

32. Як здійснюється виділення вкритих лісовою рослинністю ділянок за даними глобальної карти лісів Global Forest Change?

33. Чим відрізняються відбивально-спекральні характеристики листяних і хвойних деревних видів.

34. Яким чином можна визначити за супутниковими знімками запас насаджень?

35. Які сенсори доцільно застосовувати для оцінки висоти деревостанів?

36. В чому полягають переваги радарних систем під час дослідження лісової біомаси.

37. Яка додаткова (до спектральних характеристик) інформація може використовуватися для уточнення класифікаційних моделей.

38. Для чого створюється матриця помилок класифікації?

39. Які помилки можуть виникати під час класифікації супутникових знімків? Як розраховується загальна точність класифікації?

40. Які індекси використовуються для картографування згарищ?

41. Опишіть продукти системи MODIS про термальні аномалії.

42. Які сервіси забезпечують доступ до інформації про термальні аномалії.

43. Роль близьких до реального часу даних дистанційного зондування Землі для моніторингу лісових пожеж.

## 6. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

## 7. Форми контролю

Основною формою контролю засвоєння дисципліни є семестровий залік. Після завершення вивчення навчального матеріалу в межах кожного змістовного модуля проводиться контроль знань у вигляді тесту. Хід виконання індивідуальних завдання систематично контролюється викладачем під час занять.

## 8. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371).

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу здобувача вищої освіти з навчальної роботи та дисципліни використовуються формули:

$$R_{НР} = 0,7 \cdot \frac{R_{M_1} \cdot 2,0 + R_{M_2} \cdot 2,0}{4,0} + R_{ДР} - R_{ШТ}$$

$$R_{ДИС} = R_{НР} + R_{АТ}.$$

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається відповідно до вимог «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України».

**КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАТЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ  
з дисципліни «Дистанційне зондування Землі»**

Практичні роботи (Самостійна робота)	Кількість балів	Проміжний контроль	Всього
<b>МОДУЛЬ 1</b>		<b>Годин/кредитів ECTS</b>	
		<b>60/2,0</b>	
1. Супутникові знімки та формати даних дистанційного зондування Землі	10		
2. Аналіз спектрально-відбивних властивостей різних типів земного покриву	10		
3. Контурне дешифрування супутникових знімків	15		
4. Створення навчальних вибірок	10		
С.Р. 1. Розрахунок вегетаційного індексу NDVI	10		
<b>Разом</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
<b>МОДУЛЬ 2</b>		<b>Годин/кредитів ECTS</b>	
		<b>60/2,0</b>	
5. Контрольована класифікація супутникових знімків	15		
6. Оцінка точності класифікації	10		
7. Встановлення площі лісового фонду	10		
8. Підготовка лісових карт	10		
С.Р. 2. Порогова класифікація супутникових знімків	10		
<b>Разом</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

**11. Методичне забезпечення**

1. Контурне дешифрування супутникових знімків: відеоурок 1. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3WcTBW3IISI&t=12s>.
2. Контрольована класифікація супутникових знімків: відеоурок 2. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=EAgIM27Hx0o&t=281s>.
3. Підготовка лісових карт: відеоурок 3. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=h5kdDmMVoFk&t=337s>.
4. Методичні рекомендації стосовно оцінки екосистемних функцій лісів дистанційними методами / НУБіП України ; розроб. : А. М. Білоус, В. В. Миронюк. К., 2017. 30 с.
5. Методичні рекомендації щодо обліку лісів і зелених насаджень в умовах урбанізованого середовища на основі даних ДЗЗ : Рекомендації для підприємств із утримання та експлуатації зелених насаджень, лісопаркових господарств і проектних організацій / НУБіП України ; розроб. : О. А. Гірс, В. В. Миронюк, С. С. Кохан, М. М. Кутя. К., 2012. 30 с.
6. Методичні рекомендації щодо використання даних MODIS і Landsat для моніторингу лісових пожеж : Рекомендації для лісогосподарських підприємств / НУБіП України ; розроб. : С. В. Зібцев, В. В. Миронюк. К., 2015. 22 с.

**12. Рекомендована література**

– основна

1. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі. К. : Вища шк. 2009. 511 с.
2. Миклуш С. І., Гаврилук С. А., Часковський О. Г. Дистанційне зондування землі в лісовому господарстві : навч. посібник. Львів: ЗУКЦ, 2012. 324 с.

**– допоміжна**

1. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и геоинформационные системы М. : Техносфера, 2008. 307 с.
2. ДСТУ 4220-2003. Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять. // Держстандарт України.
3. ДСТУ 4758-2007. "Дистанційне зондування Землі з космосу: Оброблення даних: Терміни та визначення

**– інтернет-джерела**

1. From GIS to Remote Sensing [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://fromgistors.blogspot.com/2017> . – Заголовок з екрану.
2. Global Forest Change [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest> . – Заголовок з екрану.
3. LANCE Rapid Response System [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime>. – Заголовок з екрану.
4. LANCE Web Fire Mapper [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/firemap/> – Заголовок з екрану.