

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичних завдань і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МОНІТОРИНГ УРБООЕКОСИСТЕМ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності 206 – Садово-паркове господарство,
освітньо-професійна програма «Садово-паркове господарство»)*

Харків

ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

2025

Методичні рекомендації до виконання практичних завдань і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Моніторинг урбоекосистем» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 206 – Садово-паркове господарство, освітньо-професійна програма «Садово-паркове господарство») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Я. В. Гончаренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 54 с.

Укладач канд. біол. наук, доц. Я. В. Гончаренко

Рецензент

О. В. Зібцева, доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри ландшафтно́ї архітектури та фітодизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України

Рекомендовано кафедрою ландшафтного проєктування та садово-паркового мистецтва, протокол № 1 від 16 серпня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ІЗ УРБОМОНІТОРИНГУ.....	6
Практична робота № 1 Опанування методів моніторингу урбоекосистем.....	6
1.1 Опанування методу ліхеноіндикації.....	7
1.2 Дослідження флуктуючої асиметрії листкових пластинок рослин-індикаторів.....	10
1.3 Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу стану зелених насаджень.....	14
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ОСНОВИ КАДАСТРУ НАСАДЖЕНЬ УРБОЕКОСИСТЕМ ТА ЙОГО ФУНКЦІЇ У ПЛАНУВАННІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ.....	25
Практична робота № 2 Аналіз кадастрів природних ресурсів.....	25
2.1 Порівняння типів кадастру.....	26
2.2 Аналіз структури державного кадастру рослинного світу України.....	27
2.3 Опанування методики експрес-обліку рослинних ресурсів.....	28
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ВЕЛИКИХ МІСТ.....	34
Практична робота № 3 Аналіз можливостей використання екосистемних послуг.....	34
3.1 Аналіз категорій і класів екосистемних послуг.....	34
3.2 Аналіз екосистемних послуг зелених насаджень.....	35
Практична робота № 4 Опанування додатків для оцінювання екосистемних послуг.....	41
4.1 Опанування додатка My Tree.....	42
4.2 Опанування додатка i-Tree Species.....	45
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

ВСТУП

Для безпечного і комфортного життя людини необхідно сприяти підтримці стану довкілля на належному рівні. Розуміння цілісності біосфери потребує проведення не лише комплексних досліджень її геосфер, але й постійного моніторингу. Його результати сприятимуть ухваленню оптимальних управлінських рішень з огляду на екосистемні послуги об'єктів природи.

Освітня компонента складається з трьох змістових модулів: організація робіт з урбомоніторингу, основи кадастру насаджень урбоекосистем і його функції у плануванні екосистемних послуг, оцінка й планування екосистемних послуг великих міст.

Метою освітньої компоненти є формування у здобувачів знань про теоретичні і методологічні основи створення системи моніторингу, значення галузевих кадастрів під час планування екосистемних послуг, розуміння важливості запровадження монетизації екосистемних послуг.

У процесі вивчення освітньої компоненти здобувачі дізнаються про таке:

- призначення моніторингу і його види;
- системи методів наземного і дистанційного спостереження;
- функціональне підґрунтя моніторингу, а саме нормативно-правового, організаційно-методичного, технічного, інформаційного і програмного забезпечення;
- роль галузевих кадастрів і їхню структуру;
- класи екосистемних послуг.

Очікувані результати навчання:

- уміння обирати тип моніторингу для визначення особливостей із утримання певних об'єктів садово-паркового господарства;
- уміння з організації і здійснення моніторингу з метою надання практичних рекомендацій щодо поліпшення стану об'єктів садово-паркового господарства і природних ландшафтів;
- здатність до складання реєстру зелених насаджень;

- здатність до аналізу природних «капіталів» місцевості для визначення спектра екосистемних послуг;

- уміння з організації заходів зі створення й утримання об’єктів садово-паркового господарства.

Для якісного опанування навчальної дисципліни «Моніторинг урбоекосистем» необхідні знання з таких освітніх дисциплін, як «Ботаніка», «Ґрунтознавство», «Ландшафтознавство та основи екології», «Фізіологія рослин», «Дендрологія».

Під час підготовки до практичних занять необхідно:

- ознайомитись з метою заняття і термінологією;

- тезисно надати відповіді (замалювати схеми) на питання для підготовки до заняття;

- ознайомитись зі змістом завдань;

- виконати завдання для самостійної та індивідуальної роботи.

Під час виконання практичних завдань необхідно:

- дотримуватись правил поведінки у лабораторії і техніки безпеки під час здійснення маршрутних екскурсій;

- ретельно й вчасно виконувати завдання і аналізувати отримані результати.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ІЗ УРБОМОНІТОРИНГУ

Практична робота № 1 Опанування методів моніторингу урбоекосистем

Мета й завдання: формувати професійні уміння й навички з використання методів біоіндикації, аналізу космічних знімків; розвивати творчий підхід до роботи як спосіб виховання стійкого професійного інтересу; виховувати екологоорієнтований світогляд.

Матеріали й обладнання: фотогербарій лишайників із різним ступенем антропотолерантності; рамка для визначення ступеня покриття стовбура лишайниками; збільшувальні скельця; лінійки; зразки пагонів різних видів деревних рослин із листками; зошити для самостійної та індивідуальної роботи; кольорові олівці; зошити для самостійної та індивідуальної роботи.

Терміни: моніторинг, біомоніторинг, ліхеноіндикація, флуктуюча асиметрія, дистанційне зондування Землі.

Питання для підготовки до заняття

1. Поняття про моніторинг довкілля.
2. Роль лишайників у ліхеноіндикації.
3. Поняття про дендроіндикацію.
4. Методи дистанційного зондування Землі.

План заняття

Заняття з використанням ігрових і WEB-технологій: імітаційна гра «Визначення стану зелених насаджень за допомогою біомоніторингу».

На першому етапі застосовують індивідуальну форму роботи, під час якої здобувачам необхідно провести моніторинг обраних ділянок методами ліхеноіндикації, флуктуючої асиметрії листових пластинок, дистанційного зондування землі. Під час другого етапу відбувається обговорення отриманих результатів з інвентаризації, окреслення проблем і пропозиції щодо їх вирішення (фронтально). Етап третій – рефлексія і саморефлексія.

Компоненти гри:

- ролі: працівники спеціалізованого комунального підприємства «Зеленбуд»; інженери садово-паркового господарства (кожен здобувач на I етапі виконує роль працівника «Зеленбуд» певного району міста, на II – інженера садово-паркового господарства);
- ситуація: під час інвентаризації зелених насаджень виявлені деревні рослини у незадовільному стані;
- рольові дії: працівники спеціалізованого комунального підприємства «Зеленбуд» методами моніторингу визначають стан зелених насаджень; інженери садово-паркового господарства аналізують надані матеріали з моніторингу, виявляють проблеми, пропонують рішення щодо добору методів із вирішення проблем.

I етап. Працівники спеціалізованого комунального підприємства «Зеленбуд» проводять дослідження стану зелених насаджень по районах міста.

1.1 Опанування методу ліхеноіндикації

Ознайомитись з методами біоіндикації і провести дослідження для обраної ділянки. На основі отриманих результатів запропонувати заходи, що будуть спрямовані на покращення умов урбосередовища. Результати оформити у вигляді звіту з унаочненням (презентація).

Хід роботи

1. Обрати дві ділянки (для багаторічного моніторингу – більшу кількість ділянок), що різняться умовами і будуть контролем і дослідом. Скласти його карту з нанесенням ТЕС, заводів, потужних підприємств і великих автомагістралей. Розбити територію на квадрати розмірами 10 м × 10 м, 20 м × 20 м, 50 м × 50 м, 100 м × 100 м (залежно від мети дослідження й розрідженості насаджень). У кожному квадраті вибирати модельні дерева одного виду в кількості не менше трьох (оптимальним вважається 10 екземплярів). Обрані екземпляри повинні бути без пошкоджень, мати однакову

структуру вторинної чи третинної покривної тканини та вік (діаметр стовбура). На кожному екземплярі дерев у двох напрямках (до джерела забруднення і проти нього) провести розрахунок проєктивного покриття лишайників за допомогою прозорої рамки (рис. 1). На висоті 30–150 см на найбільш укриту лишайниками частину кори дерева накласти рамку розмірами 10 см × 10 см і клітинами 1 см × 1 см (палетку). Підрахувати відсоток загальної площі рамки, яку займають лишайники.



Рисунок 1 – Рамка для встановлення проєктивного покриття лишайників

2. Отримані результати щодо проєктивного покриття лишайників занести до таблиці 1 для подальшого аналізу в лабораторних умовах.

Таблиця 1 – Визначення ступеня покриття стовбура лишайниками

Ознака	Дерева									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість накипних лишайників										
Ступінь покриття, %										
Кількість листоватих лишайників										
Ступінь покриття, %										
Кількість куцистих лишайників										
Ступінь покриття, %										

Підрахувати $A^{\text{виду}}$ – частоту, з якою трапляються лишайники кожного виду за такою формулою:

$$A^{\text{виду}} = (m^{\text{виду}} / n) \times 100, \quad (1)$$

де $m^{\text{виду}}$ – кількість лишайників цього виду;

n – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті (у нашому прикладі $n = 10$).

На наступному етапі треба розрахувати $S^{\text{виду}}$ – середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду за такою формулою:

$$S^{\text{виду}} = \frac{1}{n} \sum_{s=1}^n S_i, \quad (2)$$

де S_i – ступінь покриття площі рамки лишайниками окремого дерева у відсотках.

Кожному отриманому значенню частоти, з якою трапляється лишайник певного виду ($A^{\text{виду}}$) й ступеню їхнього покриття ($S^{\text{виду}}$), надають свій умовний бал оцінки: відповідно $A^{\text{виду}}$ й $S^{\text{виду}}$ за шкалою, наведеною у таблиці 2. Для кожного виду лишайників обчислюють $M^{\text{виду}}$ – середній умовний бал частоти, з якою трапляються лишайники і ступеню покриття за такою формулою:

$$M^{\text{виду}} = \frac{a_i^{\text{виду}} + S_i^{\text{виду}}}{2}. \quad (3)$$

Далі визначають показник відносної чистоти атмосфери Q (4)

$$Q = \frac{M^H + 2 \times M^L + 3 \times M^K}{30}, \quad (4)$$

де M^H , M^L і M^K – середній умовний бал показника частоти, з якою трапляються лишайники, й ступеню покриття накипних, листоватих і куцистих лишайників відповідно.

На основі отриманих розрахунків надають оцінку частоти, із якою трапляються лишайники, а також ступінь покриття за 5-бальною шкалою (табл. 2). Умовні бали оцінки частоти наявності і ступеня покриття лишайниками стовбурів дерев корелюють зі значенням у відсотках і словесному вираженні.

Таблиця 2 – Частота наявності і ступінь покриття лишайниками стовбурів

Умовний бал оцінки	Частота наявності $A^{\text{виду}}$		Ступінь покриття $S^{\text{виду}}$	
	значення, %	Оцінка	значення, %	оцінка
1	0–5,0	дуже зрідка	0–5,0	дуже низький
2	5,1–20,0	Зрідка	5,1–20,0	низький
3	20,1–40,0	середньо	20,1–40,0	середній
4	40,1–60,0	Часто	40,1–60,0	високий
5	60,1–100	дуже часто	60,1–100	дуже високий

Оцінку ступеня забруднення атмосферного повітря треба розрахувати, користуючись шкалою у таблиці 3.

Таблиця 3 – Шкала оцінки забруднення атмосферного повітря

Показник відносної чистоти атмосфери Q	Оцінка забруднення
0,0–0,20	сильне («лишайникова пустеля»)
0,21–0,40	досить сильне
0,41–0,60	середнє
0,61–0,80	незначне
0,81–1,0	забруднення немає

3. Нанести на мапу результати досліджень і зробити висновки щодо стану атмосфери на обраних ділянках.

1.2 Дослідження флюктуючої асиметрії листкових пластинок рослин-індикаторів

Метою дослідження є визначення якості середовища існування живих організмів за флюктуаційною асиметрією листкових пластинок. Тест-об'єктом може бути *Betula pendula* Roth., яка є однодомним листопадним деревом із категорії піонерних. Дерево має висоту від 15 м до 25 м, а діаметр стовбура становить близько 40 см. За відношенням до умов освітлення – геліофіт. Філотаксис почерговий, черешки довжиною від 0,8 см до 3 см, листкова пластинка у довжину 3,5–7 см, а завширшки 2–5 см. Форма листкової пластинки коливається від ромбічно-яйцеподібної до трикутно-яйцеподібної, має загострену верхівку, широку клиноподібну або усічену основу, край пластинки подвоєно-зубчастий. У природі вид охоплює ареал від західної Європи на схід до країн Азії, на південь до гір Кавказу, Туреччини. Може утворювати чисті ліси або траплятися як домішка у соснових, мішаних, листяних лісах.

Хід роботи

1. Для проведення досліджень підготувати олівець, блокнот, компас, курвіметр (або лінійку), пакет для збирання листків, визначник рослин. Під час маршрутної екскурсії робити вибірку листків із декількох дерев, що зростають на площі 10 м × 10 м, або на алеї довжиною 30–40 м і тільки як виключення, з 2–3 екземплярів. Дослідження проводять лише після закінчення інтенсивного росту листків. Необхідно зібрати не менше ніж 25 листків (які сформувались на вкорочених пагонах) із нижньої частини крони на рівні піднятої руки у чотирьох напрямках (північ, південь, схід, захід). До зібраних із кожної особини листків додати відомості про місце і час збирання, наявність поблизу джерел забруднення. Зібраний матеріал можна зберігати до тижня у холодильнику.

2. У лабораторних умовах провести вимірювання довжини жилок із двох боків листкової пластинки (рис. 2). Для визначення центру листкової пластинки її треба зігнути у перпендикулярному напрямку щодо основи. Центральна лінія повинна проходити вздовж центральної жилки, але внаслідок вад розвитку, що викликані несприятливими умовами довкілля, можуть спостерігатися відхилення різного типу. За отриманою віссю провести такі вимірювання: ширини половини листкової пластинки; довжини другої жилки від основи листкової пластинки; відстані між основами першої і другої жилок; відстані між кінцями цих жилок; кута між головною і другою від основи жилок. Такі вимірювання провести для правої і лівої половинок листкової пластинки з точністю до 1 мм. Отримані результати порівняти і встановити відхилення від симетричності білатерального розвитку. Також треба визначити ступінь зігнутості верхівки листкової пластинки. Звернути увагу на те, що вона може розвиватись асиметрично в будь-який бік або роздвоюватись.

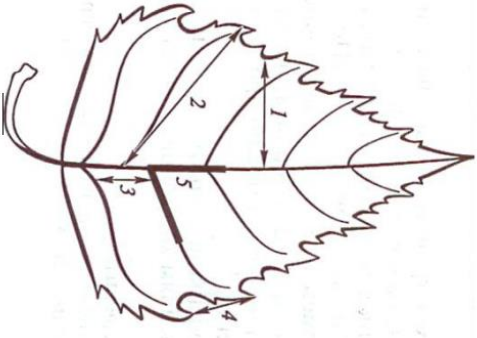
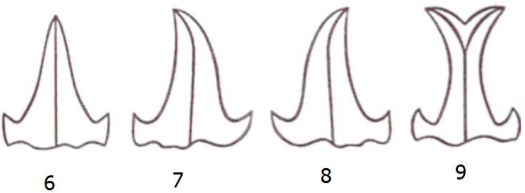
	1 – ширина половини листкової пластинки 2 – довжина другої жилки від основи листкової пластинки 3 – відстань між основами першої і другої жилок 4 – відстань між кінцями цих жилок 5 – кут між головною й другою від основи жилками
	6 – не зігнута верхівка листкової пластинки 7 – зігнута ліворуч верхівка 8 – зігнута праворуч верхівка 9 – «ластівчин хвіст»

Рисунок 2 – Показники флуктуючої асиметрії листкових пластинок *Betula pendula*

Отримані дані звести до таблиці 3. Для усіх показників, за виключенням верхівки листкової пластинки, дані надають для лівої і правої частини окремо, що позначено у таблиці як «л» (ліворуч), «п» (праворуч).

Таблиця 3 – Результати вимірювання листків *Betula pendula*

Дата:		Місце збору:									
№ з / п	ширина половинки листкової пластинки		довжина другої жилки		відстань між основами першої і другої жилок		відстань між кінцями першої і другої жилок		кут між жилками		форма верхівки листка
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	

Розрахувати середню відносну величину асиметрії на ознаку для п'яти вимірювань листка у 10 особин за загальною методикою. На усіх листках для кожної ознаки обчислити відносну величину її асиметрії. Для цього модуль різниці між вимірюваннями ліворуч (Л) і праворуч (П) поділити на суму цих же вимірювань $|Л - П| / |Л + П|$. Наприклад, для листка першої особини встановлені такі дані для ширини половинки листка: ліва – 28 мм, права – 30 мм. Згідно з

формулою маємо такий результат: $|28 - 30| / |28 + 30| = 0,034$. Отримані величини занести до допоміжної таблиці (табл. 4). Обчислити показники асиметрії для кожного листка. Для цього розрахувати підсумок значення відносних величин асиметрії за кожною ознакою і поділити на їхню кількість. Результати обчислень занести до графа 7 у таблиці 4.

Таблиця 4 – Розрахунок інтегрального показника флуктуючої асиметрії

Номер листка	Номер ознаки					Величина асиметрії
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Величина асиметрії у вибірці						

На останньому етапі вирахувати інтегральний показник стабільності розвитку, який є величиною середнього відносного розходження між сторонами на ознаку. Для цього обчислити середню арифметичну для всіх величин асиметрії у кожного листка (графа 7, табл. 4), значення якої округлити до третього знаку після коми. Статистичну значущість розходжень між вибірками за величиною інтегрального показника стабільності розвитку (величина середнього відносного розходження між сторонами на ознаку) визначити за допомогою t-критерія Стюдента. Для оцінки ступеня виявлених відхилень від норми і їхнього місця у загальному діапазоні можливих змін показника використати спеціальну шкалу (табл. 5).

Таблиця 5 – Шкала відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

Стабільність розвитку, бали	Величина показника стабільності розвитку	Якість довкілля
1	$< 0,040$	умовно нормальне
2	0,040–0,044	незначні відхилення від норми
3	0,045–0,049	середній рівень відхилення від норми
4	0,050–0,054	істотні відхилення від норми
5	$> 0,054$	критичний стан

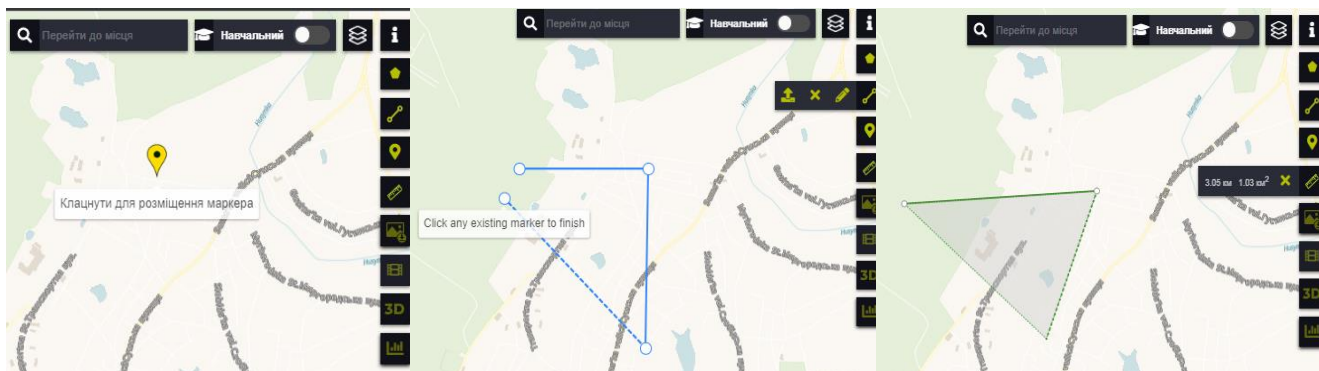
Діапазон між граничними рівнями у таблиці ранжувати відповідно до порядку зростання значень показника. Діапазон значень інтегрального показника асиметрії, що відповідає умовно нормальному фоновому стану, вважати за перший бал (умовна норма). Він відповідає даним, отриманим у природних популяціях за браком видимих несприятливих впливів. Після закінчення обчислень зробити висновок щодо умов довкілля на дослідних локаціях.

1.3 Використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для моніторингу стану зелених насаджень

Для виконання завдання необхідно зареєструватись на сервісі дистанційного зондування Землі за посиланням: URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser> (або на аналогічному ресурсі <https://browser.dataspace.copernicus.eu>). Провести моніторинг для дослідної ділянки і проаналізувати показник Moisture index за останні 5 років.

Хід роботи

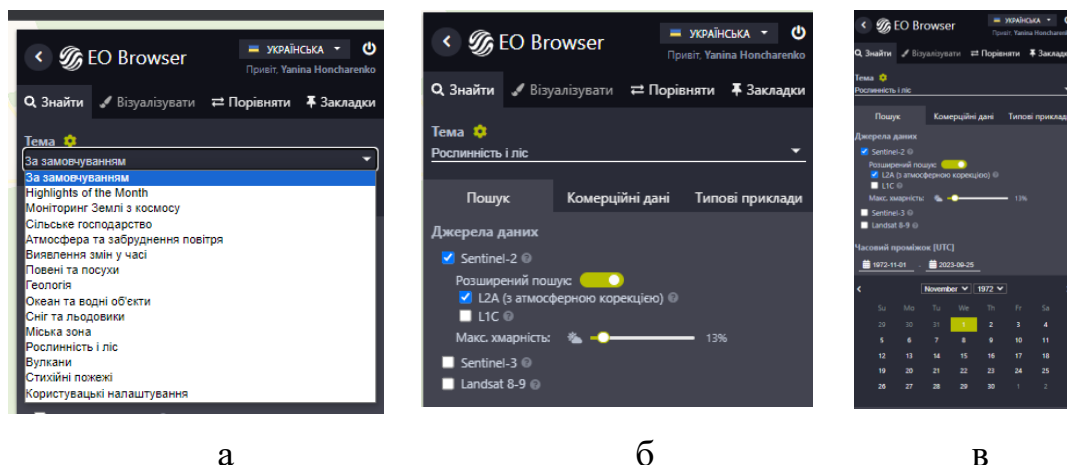
1. У пошуковнику вказати місце проведення досліджень і наблизитись до обраного об'єкта. На панелі інструментів, що розміщена праворуч, обрати команду «Позначити об'єкт дослідження» і встановити маркер (рис. 3, а).



а б в
Рисунок 3 – Робота з панеллю інструментів: а – маркування об’єкта дослідження; б – окреслення меж; в – визначення площі

Команда «Намалювати лінію» дозволяє окреслити межі об’єкта (рис. 3, б), а виміряти площу можна командою «Виміряти» (рис. 3, в). Під час вимірювання площі треба клацнути мишкою один раз для позначення верхівки і двічі для завершення операції.

2. У вкладці «Тема», що розміщена ліворуч, обрати необхідну із запропонованих для візуалізації показника Moisture index (рис. 4). Налаштувати джерела даних: обрати супутник Sentinel-2, розширений пошук, встановити хмарність близько 10–15 % (рис. 4, б). У календарикі обрати дату початку і закінчення спостережень (рис. 4, в). Для перегляду будуть запропоновані знімки, які були зроблені супутником за обраний проміжок часу. Їх необхідно оглянути з метою добору більш якісного, з мінімальною хмарністю. Наявність хмар заважає отриманню достовірних даних.



а б в
Рисунок 4 – Налаштування браузера: а – обрання теми; б – налаштування джерел даних; в – налаштування часового проміжку

На панелі показників обрати «Moisture index» (рис. 5). Побудувати гістограму за 5 років і проаналізувати зміни.

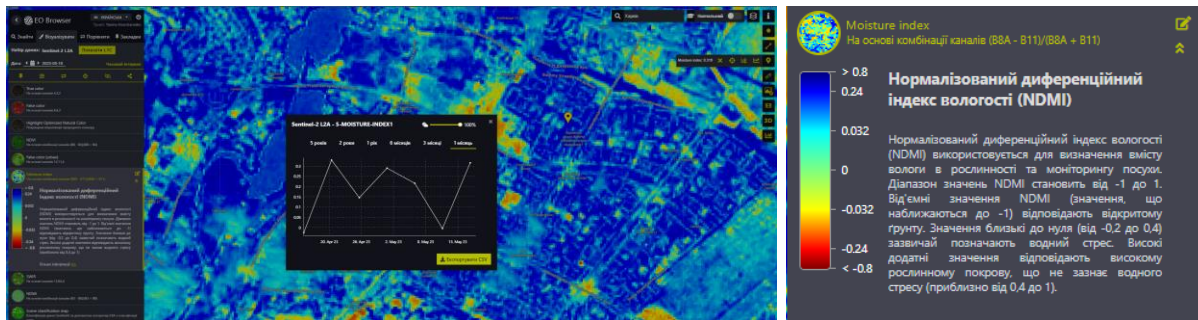


Рисунок 5 – Приклад візуалізації для Moisture index

Написати висновки щодо зміни показників за період моніторингу.

II етап. Обговорення отриманих результатів з інвентаризації, окреслення проблем і пропозицій щодо їх вирішення.

Інженери садово-паркового господарства аналізують надані робітниками матеріали з дослідження стану зелених насаджень, виявляють проблеми, пропонують рішення щодо методів вирішення цих проблем.

III етап. Рефлексія і саморефлексія здобувачів щодо вирішення проблеми і набутих умінь і навичок.

Завдання для самостійної та індивідуальної роботи

Зміст завдання: методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) візуалізувати результати досліджень таких показників для обраної ділянки: Urban Classified, Green City, NDVI, Thermal.

Методика виконання роботи:

1. Показники Urban Classified, Green City, NDVI визначити за даними знімків супутника Sentinel-2 з хмарністю у межах 10–20 %. Зробити прогноз на подальші 5 років щодо стану ділянки. Показник Thermal визначити за даними знімків супутника Landsat із хмарністю у межах 10–20 %. Зробити прогноз на подальші 5 років щодо стану ділянки.

2. Порівняти результати за кожним показником і виявити їхню взаємозалежність. На рисунку 6 наведено приклад показників космічних знімків для парку «Зелений гай» у Харкові.

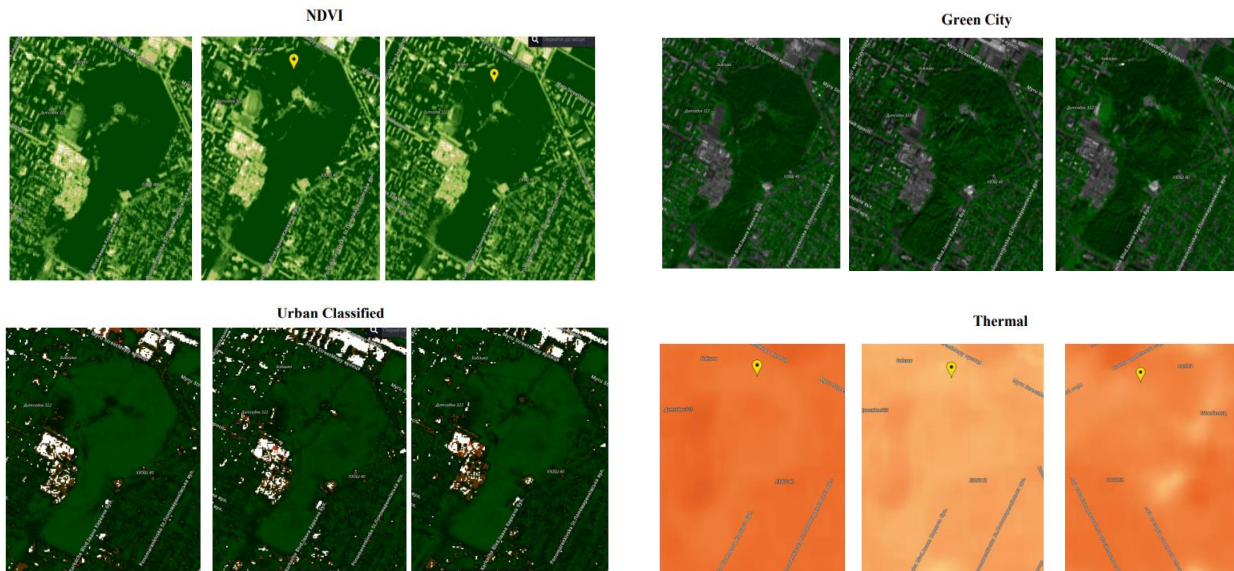


Рисунок 6 – Територія «Зеленого гаю» у вересні 2017, 2021 і 2023 рр.

Джерела. Для виконання роботи використовувати космічні знімки EO browser за посиланням: URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser> або Copernicus – <https://browser.dataspace.copernicus.eu>.

Форма подання. Письмовий звіт завантажують до відповідної ОК у MOODLE (формат pdf). Термін виконання – до закінчення модульного тижня ЗМ 1. У разі асинхронного навчання підготувати відеозвіт тривалістю до двох хвилин і завантажити його до папки у команді Teams.

Теоретичний матеріал

Ліхеноіндикація

Метод передбачає використання в якості індикаторів стану повітря лишайники, які є симбіозом водоростей або ціанобактерій з грибами і знаходяться між собою у мутуалістичних зв'язках. Ці організми представлені 20 000 видів і мають тіло у вигляді талому з ризоїдами. Основним джерелом більшості елементів для поглинання є атмосфера. Чутливість лишайників до забруднення атмосфери пов'язана з енергетичними потребами мікобіонта у таломі. Чим сильніша залежність фікобіонта від фотобіонта, тим вид чутливіший до полютантів. Загалом тривалість життя лишайників коливається від 30 до кількох сотень років за дуже повільного темпу росту – до 8 мм за рік.

Уперше на зникнення лишайників звернув увагу А. Ньюландер 1866 року проводячи спостереження у Парижі. В Україні ці питання першим почав досліджувати Г. Шпек на території Харкова 1870 року. Лише в 1968 році дослідниками Великої Британії було створено біоіндикаційну шкалу, за допомогою якої можна визначити рівні забруднення повітря з огляду на видовий склад і кількість лишайників.

Для ліхеноіндикації використовують два методи моніторингу: пасивний і активний. До пасивного моніторингу належать: визначення видового складу і відносної чисельності лишайників, що дає змогу скласти карту їх поширення; дослідження угруповань лишайників, відсотка покриття та інших екологічних параметрів й видового різноманіття. Активний моніторинг містить: імплантування лишайників із незабруднених територій до району, що досліджується; перенесення і дослідження лишайників у лабораторії і вплив на них різними концентраціями речовин, які є забруднювачами.

Життєві форми лишайників, які трапляються на деревах, також можуть слугувати джерелом інформації про ступінь забрудненості повітря. Серед життєвих форм лишайників розрізняють: накипні; листоваті; куцисті (рис. 7).

Назва	Зображення	Назва	Зображення
<i>Lecanora</i>		<i>Parmelia</i>	
<i>Physcia</i>		<i>Usnea</i>	
<i>Xantoria</i>		<i>Evernia</i>	
<i>Нурогутнія</i>			

Рисунок 7 – Життєві форми лишайників

Накипні лишайники мають слань у вигляді тонкої скоринки, яка може нагадувати накип. Листуваті мають слань у вигляді пластинок, а у куцистих є слань у вигляді куциків, іноді до 1–2 м довжиною.

До індикаторів пилового і кислотного забруднення належать такі види: *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Crombie, *L. hagenii* (Ach.) Ach., *Lepraria incana* (L.) Ach., *Phaeophyscia orbicularis* (Necker) Moberg і *Xanthoria parietina* (L.) Beltr. *Lecanora conizaeoides* належить до ацидофільних видів і є характерною для

сильно змінених діяльністю людини природних ландшафтів. До типових ацидофілів належить і *Lepraria incana*. *Lecanora hagenii* входить до групи індикаторів забруднення атмосфери пилом, як і *Phaeophyscia orbicularis*, і *Xanthoria parietina*.

Флуктуюча асиметрія листкових пластинок

Під час роботи з біологічними об'єктами часто використовують поняття асиметрії, запропоноване Ван Валеном. Серед різних форм асиметрії білатеральних ознак живих організмів особливо виокремлюється флуктуюча асиметрія, що дозволяє оцінити нестабільність розвитку цілого організму або його частини.

Флуктуюча асиметрія (ФА) – незначні неспрямовані відхилення (розбіжності) між правою і лівою (R – L) частинами різних морфологічних структур від суворої білатеральної симетрії. У разі флуктуючої асиметрії різниця між сторонами не є генетично детермінованою. Такі зміни зазвичай є результатом помилок у процесі розвитку організму. Флуктуюча асиметрія (на відміну від інших типів асиметрії) не має самостійного адаптивного значення, а є вираженням незначних неспрямованих порушень симетрії, які перебувають у певних межах.

Збільшення антропогенного навантаження призводить до зменшення резистентності рослин до абіогенних стрес-факторів, що проявляється у морфолого-анатомічних флуктуаціях вегетативних і генеративних органів. Режим догляду за рослинами не компенсує негативного впливу чинників довкілля і флуктуючої асиметрії листкової пластинки. Для *Betula pendula* негативними і такими, що викликають ФА, є викиди промислових підприємств й вихлопні гази автотранспорту. Тому вивчення неспрямованих відхилень відносно центральної жилки листкової пластинки у видів, які мають у нормі білатеральну симетрію, є перспективним й одним із головних критеріїв у визначенні стану урбоекосередовища. Найбільш зручними біоіндикаторами з вираженою білатеральною симетрією є листки *Aegopodium podagraria* L.,

Tussilago farfara L., *Populus balsamifera* L., *Acer platanoides* L., *Betula pendula* Roth, *Potamogeton perfoliatus* L., *P. lucens* L., *P. natans* L., *Plantago major* L., *Alchemilla vulgaris* L.

У разі здатності видів до схрещування з утворенням міжвидових гібридів нащадки будуть мати ознаки обох видів. Тому необхідно обирати такі особини видів, які мають чітко виражені ознаки одного виду і збирати листки лише після закінчення їх росту (з кінця травня або початку червня). Для отримання кращих результатів ділянки закладають рівномірно по всій місцевості, або вздовж лінії зменшення ймовірного негативного впливу. Відстань між ділянками повинна залежати від потужності джерела забруднення. У великих населених пунктах і з промисловими підприємствами і численним автотранспортом відстань між ділянками може становити близько 1 км. Якщо джерело забруднення невелике, відстань може становити від 400 м до 800 м, у разі автотраси – від 20 м до 200 м залежно від інтенсивності потоку автотранспорту. Листки збирають з рослин, які знаходяться у подібних екологічних умовах з урахуванням рівня освітленості, зволоження ґрунту тощо. Для *Betula pendula* рекомендується проводити дослідження на особинах, які ростуть на відкритих ділянках, оскільки вона є геліофітом, і затінок істотно зменшує стабільність її розвитку. Вік рослин також має значення, і рекомендовано обирати особини у генеративному віковому стані. Для оцінки величини флуктуючої асиметрії зазвичай досліджують п'ять ознак, які й дають можливість провести однозначну оцінку.

Вимірювання ознак лівого і правого боків листкової пластинки проводять у міліметрах й у градусах: 1 – ширина половини листкової пластинки, 2 – довжина жилки другого порядку, 3 – відстань між основами першої й другої жилок другого порядку, 4 – відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку, 5 – величина кута між головною жилкою й другою від основи листкової пластинки жилкою другого порядку.

Для отримання більш точних результатів рекомендовано проводити сканування листкових пластинок і вимірювати за допомогою комп'ютерної програми Image Tool. У цьому разі довжина жилок визначається у пікселях, а кут у градусах. Величину ФА можна обчислити за допомогою програми FLAS 5 Ю. А. Злобіна. Вона дає змогу встановити коефіцієнти флюктууючої асиметрії і їхню статистичну достовірність.

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ)

Sentinel Copernicus є професійною програмою, яка працює під керівництвом Європейського Союзу, а Європейське космічне агентство (ESA) координує космічну складову програми. Ця програма надає необхідні дані для оперативного моніторингу довкілля, які є безкоштовними і знаходяться у відкритому доступі. Супутник Sentinel-2 забезпечує отримання оптичних знімків із високою роздільною здатністю для моніторингу суші. Дешифрування матеріалів дистанційного зондування Землі є процесом, за допомогою якого розкривається зміст знімків. Під час дешифрування знімків аналізують фотографічні образи об'єкта, що мають низку розпізнавальних (дешифрувальних) ознак. Ці ознаки можуть бути прямими або непрямими (опосередкованими). Прямі дешифрувальні ознаки – це властивості самих об'єктів. Багато об'єктів місцевості безпосередньо не відображаються на знімках, або різні об'єкти можуть мати однакові прямі ознаки дешифрування і тому не можуть бути дешифровані безпосередньо. У таких випадках використовують непрямі ознаки дешифрування, що ґрунтуються на різних взаємозалежностях між об'єктами і елементами земної поверхні. Рослинний покрив дешифрують за тоном і структурою фотозображення, формою падаючих тіней, а також характером просторового розміщення рослинності і зв'язком із рельєфом і гідрографічною мережею. Лісові насадження упізнають за структурою і тоном зображення, приєднання до визначеного місця. Ліс на знімках має відносно темний тон і зернисту структуру зображення, яка залежить від форми, розміру й яскравості крон дерев, складу лісових порід.

Склад порід лісу можна визначити за різними спектральними відтінками поверхні листків у кроні. Іноді склад насаджень можна виявити завдяки падаючим тіням на узліссях, якщо довжина тіні рівна чи більша за висоту дерев. Округла крона берези, дуба, осики, сосни відрізняється від конусоподібної крони ялини. Культурні насадження дерев і кущів характеризуються на знімках регулярною структурою і приєднанням до населених пунктів. Трав'яні й чагарникові угруповання на супутникових зображеннях виглядають безструктурними ділянками з сірим тоном.

Одним із найвідоміших вегетаційних індексів є нормалізований вегетаційний індекс NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) – нормалізована різниця відбитої енергії у червоній і близькій інфрачервоній зонах електромагнітного спектра, яка об'єднує інформацію про вміст хлорофілу (червона частина спектра) і структуру клітин листка. Це дозволяє більш точно відстежувати зміну стану рослинності у часі. Шкала показує, що чим зеленіше колір на знімку, тим здоровіше рослинність (рис. 8).

Нормалізований диференційний індекс вологості NDMI застосовують для визначення вмісту вологи у рослинах. Відтінки синього кольору на знімках свідчать про достатню насиченість вологою. Натомість помаранчево-червоні є свідченням втрати вологи. Крім індексів у моніторингу використовують і скрипти. Скрипт Urban Classified – за міською класифікацією – унаочнює розподіл рослин, водних джерел, міської забудови і оголеного ґрунту, що відбивається у кольорах.

Green City візуалізує кількість зелених насаджень і показує забудовлі. Thermal використовують для порівняння температури різних поверхонь.

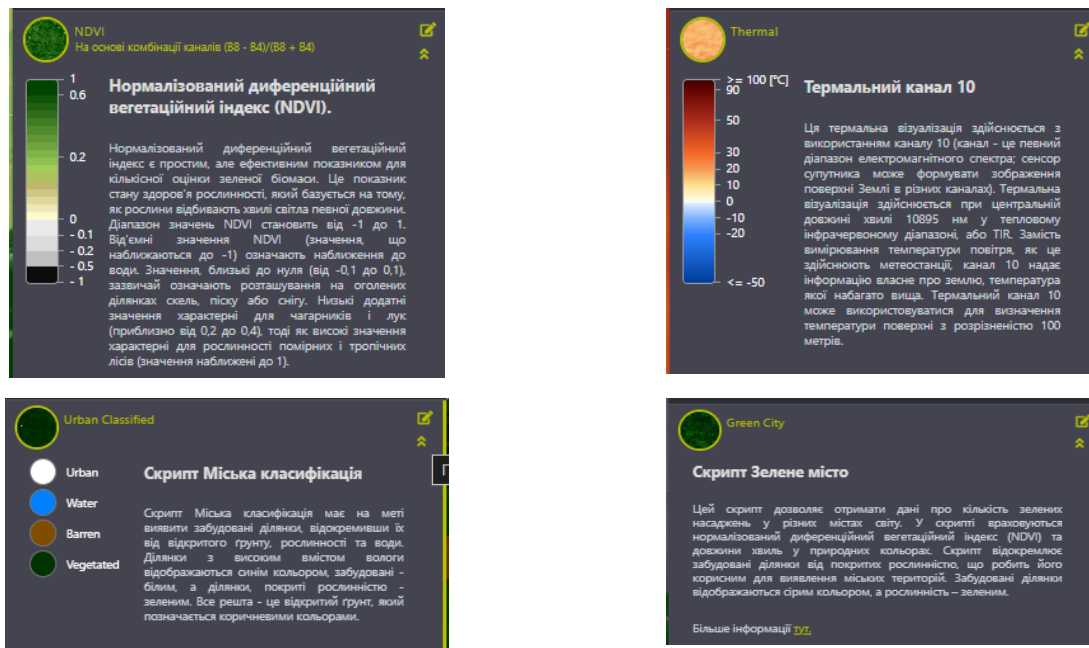


Рисунок 8 – Скрипти й індекси для дослідження урбоекосередовища

Питання для самоконтролю

1. Які види моніторингу можна використовувати для досліджень стану зелених насаджень?
2. Які показники можна досліджувати методами ДЗЗ?
3. Яка роль рослинності у функціонуванні урбоекосистем?
4. Яку інформацію про довкілля можна отримати за допомогою супутника «Sentinel»?
5. Яку інформацію про довкілля можна отримати за допомогою супутника «Landsat»?
6. Чи завжди наявність лишайників на деревах є свідченням чистоти повітря і з чим це пов'язано?
7. Для організмів з яким типом симетрії використовують показники флюктууючої асиметрії і чому?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

ОСНОВИ КАДАСТРУ НАСАДЖЕНЬ УРБООКОСИСТЕМ ТА ЙОГО ФУНКЦІЇ У ПЛАНУВАННІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

Практична робота № 2 Аналіз кадастрів природних ресурсів

Мета й завдання: формувати професійні уміння й навички роботи з галузевими кадастрами; використовувати методику експрес-обліку рослинних ресурсів; розвивати творчий підхід до роботи як засіб виховання стійкого професійного інтересу; виховувати екологоорієнтований світогляд.

Матеріали й обладнання: довідниковий матеріал; зошити для самостійної та індивідуальної роботи; світлини з прикладами зелених насаджень; електронні бази кадастрів.

Терміни: кадастр; кадастрові карти, кадастровий номер, кадастри рослинного світу, територій і об'єктів природно-заповідного фонду, водний, земельний, лісовий, містобудівний.

Питання для підготовки до заняття

1. Кадастр і його типи (водний, земельний, рослинного світу, лісовий, містобудівний, територій і об'єктів природно-заповідного фонду).
2. Законодавча база України і кадастр.

План заняття

Заняття із використанням рольової гри «Пресконференція». На першому етапі застосовують індивідуальну форму роботи, під час якої здобувачам необхідно виконати такі дії: розподілити ролі; проаналізувати чинний кадастр за обраною галуззю і його законодавчо-нормативну базу; опанувати методику експрес-обліку рослинних ресурсів. Другий етап проходить з використанням фронтальної форми роботи у вигляді пресконференції. Третій етап – саморефлексія і рефлексія.

Компоненти гри:

– ролі: представники міністерств – захисту довкілля й природних ресурсів України; регіонального розвитку, будівництва й житлово-комунального господарства, аграрної політики та продовольства України; бенефіціари; інженери садово-паркового господарства; модератор (роль для викладача);

– ситуація: погіршення стану зелених насаджень міста внаслідок антропогенної діяльності різного характеру;

– рольові дії: здобувачі повинні розподілити ролі, проаналізувати галузевий кадастр (відповідно до ролі) і його законодавчо-нормативну базу; під час пресконференції модератор керує мікрофоном і слідкує за регламентом; бенефіціари скаржаться на поганий стан зелених насаджень, на наявність у повітрі пилюватих частинок та інших домішок, які ускладнюють дихання і погіршують самопочуття; інженери садово-паркового господарства доповідають про виявлену ситуацію на ділянках і висувують пропозиції щодо покращення стану; представники міністерств аналізують проблеми, шукають «винного», розповідають про внесок, який вони можуть зробити для покращення ситуації, керуючись галузевими кадастрами і законодавчою базою.

На пресконференцію відведено до 40 хвилин, а інший час заняття – рефлексія і саморефлексія. Для підготовки до пресконференції необхідно виконати запропоновані завдання.

I етап. Здобувачі за обраними галузями аналізують кадастр і його законодавчо-нормативну базу, опановують методику експрес-обліку рослинних ресурсів.

2.1 Порівняння типів кадастру

Хід роботи

1. Ознайомитись з переліком галузевих кадастрів і визначити міністерство, якому вони підпорядковуються. Розподілити між собою кадастри і міністерства згідно з роллю. Проаналізувати структуру і призначення певного кадастру за обраною галуззю. Проаналізувати законодавчо-нормативну базу,

яка регулює кадастри. До таблиці 6 внести назву кадастру, його головні завдання, призначення і складові частини.

Таблиця 6 – Типи кадастрів

Назва кадастру	Завдання	Призначення	Складові частини

2. Порівняти кадастри України з кадастрами обраних закордонних країн. Зробити висновки щодо значення різних кадастрів.

2.2 Аналіз структури державного кадастру рослинного світу України

Для розуміння можливостей використання рослин проаналізувати структуру державного кадастру рослинного світу України. Отримані дані занести до таблиці 7.

Таблиця 7 – Структура державного кадастру рослинного світу України

Типи	Приклади	Значення
1	2	3
Флора		
судинні		
мохоподібні		
лишайники		
водорості		
гриби		
Рослинність		
лісова		
чагарникова		
степова		
лучна		
болотна		
водна		
галофітна		
аренна		
синантропна		

Продовження таблиці 7

1	2	3
Рослинні ресурси		
лікарські		
харчові		
пряно-ароматичні		
технічні		
кормові		

Визначити типи ресурсів, флору і рослинність для Харківської області й порівняти її з іншою обраною областю. Зробити висновки щодо потенціалів проаналізованих областей.

2.3 Опанування методики експрес-обліку рослинних ресурсів

На прикладі *Sambucus nigra* L. опанувати методику експрес-обліку її ресурсів у обраному районі.

Хід роботи

1. Опанування методикою експрес-обліку ресурсів *Sambucus nigra* можна провести у Лісопарку Харкова або в іншій місцевості з подібним фітоценозом. Для проведення розрахунків брати до уваги, що маса суцвіть *Sambucus nigra* з одного куща чи дерева пов'язана з діаметром суцвіття, кількістю суцвіть на гілці, кількістю сировинних гілок на особині. Діаметр суцвіття варіюється у межах 7–20 см, і для визначення маси суцвіття за його діаметром використовують розрахункову таблицю (табл. 8).

Таблиця 8 – Розрахункова таблиця для визначення маси свіжозібраного суцвіття *Sambucus nigra* за його діаметром

Діаметр суцвіття, см	7–8	9–10	11–12	13–14	15–16	17–18	19–20
Маса одного суцвіття, г	1,2–1,8	2,7–3,5	4,3–5,0	5,8–6,5	7,3–8,0	8,8–9,6	10,3–11,1

Вимірювання діаметра суцвіття здійснити за допомогою лінійки чи рулетки, уявно охоплюючи колом близько 90 % його окружності. Відбір суцвіть на особині для вимірювання діаметра і встановлення середнього його значення зробити довільно (мінімум 10 шт.). Для отримання даних щодо маси суцвіть з куща встановити середнє значення діаметра суцвіть на рослині. За даними, наведеними у таблиці 8, визначити масу суцвіття встановленого діаметра. Помножити отриманий показник на середню кількість суцвіть на гілці і на кількість сировинних гілок на рослині.

2. Біологічний запас розрахувати як добуток показників маси сировини з модельної особини і їхньої кількості на площі масиву. Для виконання завдання обрати ділянку з кількома особинами рослини. Згідно з наданими рекомендаціями виміряти діаметр суцвіть і знайти їхню масу. Отримані дані занести до таблиці 9.

Таблиця 9 – Визначення маси свіжозібраного суцвіття *Sambucus nigra* на модельній особині за його діаметром

Номер суцвіття	Діаметр суцвіття, см	Маса одного суцвіття, г	Примітки
1			
2			
...			

На основі отриманих даних і підрахунку кількості особин у межах ділянки розрахувати запас сировини.

II етап. Виступ здобувачів на прес-конференції від імені обраних ролей під час якого аналізують виявлені проблеми і пропонують шляхи з їх вирішення.

III етап. Саморефлексія і рефлексія.

Завдання для самостійної і індивідуальної роботи

Зміст завдання: проаналізувати кадастри закордонних країн за обраною галуззю і порівняти їх із галузевими кадастрами України.

Методика виконання роботи:

1. Обрати країну і галузевий кадастр. У мережі Інтернет знайти дані про нього на офіційному сайті. Розглянути структуру, завдання, призначення і занести дані до таблиці 10.

Таблиця 10 – Типи кадастрів

Назва кадастру	Завдання	Призначення	Складові частини

2. Порівняти обраний закордонний і вітчизняний галузевий кадастр, зазначивши складові, які відрізняються, зробити висновки.

Джерела. Для виконання роботи можна використовувати літературу у мережі Інтернет.

Форма подання. Письмовий звіт завантажують до Moodle у форматі pdf. Термін виконання – до закінчення модульного тижня ЗМ 2. У разі асинхронного навчання треба підготувати відеозвіт тривалістю до двох хвилин і завантажити його до папки у команді Teams.

Теоретичний матеріал

Головною умовою переходу держави на шлях збалансованого розвитку є збереження і відновлення біоресурсів, управління їх збалансованим використанням. Для цього необхідно провести їхній облік, визначити стан, створити базу даних і організувати державний моніторинг у ключових місцях. Сформована кадастрова система дозволяє регулювати використання і відтворення ресурсів. Кадастрами природних ресурсів є систематизовані зведені дані, які якісно і кількісно характеризують визначені види природних ресурсів, містять фізико-географічні характеристики, класифікації, відомості

про динаміку, ступінь вивченості, еколого-економічної значущості об'єктів і ресурсів. Кадастри також налічують картографічні і статистичні матеріали, подають рекомендації щодо використання природних ресурсів, заходи щодо їхньої охорони та іншу інформацію. Метою ведення державних кадастрів природних ресурсів є облік кількісних, якісних й інших характеристик природних ресурсів, обсягу, характеру та режиму їх використання. Такі обліки необхідні для забезпечення раціонального природокористування і охорони довкілля, ухвалення еколого-управлінських рішень, визначення їхньої ефективності, забезпечення необхідною інформацією органів державної виконавчої влади і органів місцевого самоврядування, інших зацікавлених суб'єктів. Дані кадастрової документації використовують і для визначення меж й грошової оцінки природних ресурсів, заходів щодо відновлення, відшкодування завданої екологічними правопорушеннями шкоди. Державні кадастри проводять у порядку, визначеному Кабінетом Міністрів України.

Кадастри відрізняються за видами природного ресурсу і утворюють єдину економіко-правову схему. За ініціативи Міністерства екології та природних ресурсів України у 2000 р. започатковано створення **Кадастру рослинного світу України**, який би був науково обґрунтованим базисом ефективної охорони і захисту видового різноманіття, керованого і регульованого використання ресурсів різних груп корисних рослин – харчових, лікарських, технічних тощо. Створення кадастру проводять відповідно до Закону України «Про рослинний світ». Загалом його основу складають три блоки: флора, рослинність, рослинні ресурси. Кожен із них має свою структуру і завдання, а головним завданням є облік і моніторинг за кількісними і якісними змінами.

Державний водний кадастр складено з метою систематизації даних державного обліку вод і визначення наявних для використання водних ресурсів. Порядок ведення державного водного кадастру затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 квітня 1996 р. № 413. Державний водний кадастр є систематизованим зібранням відомостей про поверхневі, підземні,

внутрішні морські води і територіальне море; про обсяги, режим, якість і використання вод, а також про водокористувачів. До водного кадастру належать також відомості про водогосподарські об'єкти, що забезпечують використання води, очищення і скид зворотних вод. Державний водний кадастр за розділом «Водокористування» у веденні Державного комітету України по водному господарству та Мінприроди за розділами «Підземні води» і «Поверхневі води».

Державний лісовий кадастр ведуть із метою забезпечення ефективної організації охорони, відтворення і захисту лісів, раціонального використання лісового фонду, здійснення систематичного контролю за якісними і кількісними змінами у лісовому фонді. Згідно з Порядком ведення державного обліку лісів і державного лісового кадастру, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 27 вересня 1995 р. № 767, Інструкцією про порядок ведення державного лісового кадастру і первинного обліку лісів, затвердженою наказом Мінлісгоспу від 15 листопада 1995 р. № 134, державний лісовий кадастр містить систему відомостей і документів про правовий режим лісового фонду, розподіл його між користувачами, якісний і кількісний стан лісового фонду, поділ лісів за групами і належність до категорій захищеності, економічну оцінку й інші дані, необхідні для раціонального ведення лісового господарства і оцінки результатів господарської діяльності в лісовому фонді. Зведену документацію державного лісового кадастру подають до Кабінету Міністрів України, Мінекономіки, Мінприроди.

Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду – це система необхідних і достовірних відомостей про природні, наукові, правові й інші характеристики територій і об'єктів, що належать до природно-заповідного фонду. Він потрібний для оцінки складу й перспектив розвитку природно-заповідного фонду, стану територій і об'єктів, що входять до нього, організації охорони, ефективного використання, планування наукових досліджень, забезпечення державних органів, зацікавлення підприємств, установ та організацій відповідною інформацією, необхідною для вирішення

питань соціально-економічного розвитку, розміщення продуктивних сил та інших цілей, передбачених чинним законодавством.

Цінність рослинних угідь визначають за показниками продуктивності: кількістю видів дикорослої продукції, лікарсько-технічної сировини, біологічними і господарськими можливими запасами конкретних видів, наявністю особливо цінних рослин із метою долучення до складу об'єктів природи, що потребують охорони. На підставі матеріалів лісовпорядкування виділяють угіддя, які мають споживчі особливості. Це є підставою для утримання плати за право користування ділянками для заготівлі рослинної сировини. Користувачі здійснюють плату за експлуатацію угідь шляхом ліцензування заготівлі всіх видів рослин із визначенням вартості кожного окремого виду. Фінансування робіт із ведення територіального кадастру рослинних ресурсів здійснюють із місцевого (регіонального) і державного бюджету з залученням інших доступних джерел (кошти великих промислових підприємств, госпдоговірних робіт тощо). Під економічною оцінкою рослинних ресурсів розуміють грошове вираження економічного ефекту, який утворюється від раціонального використання цих ресурсів. Рослинні ресурси оцінюють за умови їх господарського значення.

Питання для самоконтролю

1. Які галузеві кадастри функціонують в Україні?
2. Яке нормативно-правове забезпечення ведення галузевих кадастрів (водного, земельного, лісового, територій і об'єктів природно-заповідного фонду, рослинного світу)?
3. Хто і яким чином визначає порядок ведення кадастрів?
4. Що є основою для створення будь-якої кадастрової інформаційної системи?

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

ОЦІНКА ТА ПЛАНУВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

ВЕЛИКИХ МІСТ

Практична робота № 3 Аналіз можливостей використання екосистемних послуг

Мета й завдання: формувати професійні уміння й навички з аналізу екосистемних послуг і їхньої монетизації; розвивати творчий підхід до роботи як засіб виховання стійкого професійного інтересу; виховувати екологоорієнтований світогляд.

Матеріали й обладнання: довідниковий матеріал; тези і статті за темою.

Терміни: екосистемні послуги; послуги зі забезпечення; послуги з регулювання; культурні послуги; допоміжні послуги; «ведмежі» послуги.

Питання для підготовки до заняття

1. Поняття про екосистемні послуги.
2. Класифікації екосистемних послуг.
3. Значення монетизації екосистемних послуг.

3.1 Аналіз категорій і класів екосистемних послуг

План заняття:

1. Ознайомитись із класифікаціями екосистемних послуг і для кожного класу навести приклади, вказати можливість їхньої монетизації. Отримані результати занести до таблиці 11. Для аналізу класів послуг можна скористатися наведеним у таблиці прикладом для послуги із постачання.

Таблиця 11 – Характеристика екосистемних послуг

Клас послуги	Приклади	Можливість монетизації
постачання	харчі – плоди яблуні, сировина – суцвіття липи	мають реальну ринкову ціну, можуть давати прибуток

2. Проаналізувати дослідження українських і закордонних учених за останні п'ять років. Пошук тез і статей можливий за такими посиланнями на основі відповідних ключових термінів:

URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/ecosystem-services>,

URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/issue/archive>,

URL: <http://visnecology.univer.kharkov.ua/?q=uk/archive1>.

За результатами аналізу статей або тез (мінімум двох зарубіжних і двох вітчизняних авторів) підготувати доповідь.

3.2 Аналіз екосистемних послуг зелених насаджень

Використати матеріали попередніх практичних робіт для аналізу екосистемних послуг обраної ділянки. Для кожного виду рослин зазначити клас послуги та кількість особин на ділянці. У примітках можна вказати санітарний стан рослин і чи відбивається це на виконанні послуг.

Таблиця 12 – Характеристика екосистемних послуг

Клас послуг	Кількість видів	Примітки
1	2	3
Послуги регуляції (підтримки)		
Запилення		
Регулювання якості ґрунту		
Регулювання якості повітря і води		
Регулювання екстремальних подій і руху повітря, води, ґрунту (ерозія, паводки)		
Депонування вуглецю		
Виробництво кисню		
Зменшення шуму		
Послуги з постачання / забезпечення		
Мед (бджільництво)		
Продукти харчування		
Будівельні матеріали		
Дрова і паливні матеріали		
Декоративні квітки		
Окремі рослини, що використовуються для виведення нових сортів		

Продовження таблиці 12

1	2	3
Насіння, спори та інші рослинні матеріали, зібрані для утримання чи формування популяції		
Окремі гени, отримані з рослин для проєктування і побудови нових біологічних об'єктів		
Культурні послуги		
Освіта, наукова діяльність і мистецтво		
Фотографії природи, живопис, зйомки фільмів		
Рекреаційні та спортивні заходи		
Екотуризм, туризм		
Заняття спортом на природі		
Покращення стану здоров'я, санаторії		
Традиційна і культурна цінність		
Етнічна цінність		
Візуальний вигляд (декоративність)		

Проаналізувати отримані дані й зробити доповідь із унаочненням (презентацією). Бажано зазначити кращі види за виконанням певних функцій.

Завдання для самостійної і індивідуальної роботи

Зміст завдання: обрати будь-який вид деревної рослини і надати монетарну оцінку для послуги будь-якого класу.

Методика виконання роботи:

1. На основі проведеної інвентаризації деревних рослин обрати будь-який вид. Проаналізувати його господарське значення і обрати 3–4 з них, які порівняти з класом і видом екосистемних послуг. Наприклад, *Malus domestica* Borkh. – ентомофіл, харчова культура, що згадується у легендах. Ентомофілію можна розглянути як здатність до приваблення бджіл, тобто пов'язаність з утворенням меду. На спеціалізованих сайтах або в супермаркетах знайти ціну за 1 кг меду. Встановити нектаропродуктивність *Malus domestica* і визначити ціну такої екосистемної послуги. На спеціалізованих сайтах або в супермаркетах знайти ціну за 1 кг обраного сорту яблук. Установити

продуктивність одного дерева і визначити ціну такої екосистемної послуги. Знайти легенди, пов'язані з цим видом; установити, чи існує монетизація для такої послуги. Якщо немає монетизації певних послуг, запропонувати і обґрунтувати своє бачення.

Джерела. Для виконання роботи можна використовувати літературу і спеціалізовані сайти у мережі «Інтернет».

Форма подання. Письмовий звіт завантажують до Moodle у форматі pdf. Термін виконання – до закінчення модульного тижня ЗМ 3. У разі асинхронного навчання треба підготувати відеозвіт тривалістю до двох хвилин і завантажити його до папки у команді Teams.

Теоретичний матеріал

Екосистемні послуги зазначають як нематеріальні вигоди, які люди отримують від екосистем через духовне збагачення, когнітивний розвиток, роздуми, відпочинок і естетичну насолоду. Згідно із «Оцінкою екосистем тисячоліття» 2005 р. запропоновано класифікувати послуги за чотирма функціональними групами: допоміжні групи, культурні групи, групи регулювання, групи забезпечення.

Послуги із **забезпечення** належать до переваг, які організми здатні отримати від екосистеми. Наприклад, люди можуть бути забезпечені житлом, водою, їжею, одягом тощо. Загалом існування людини без взаємодії з екосистемою неможливе. Крім зазначених безпосередніх зисків люди отримують й опосередковані – природний газ, вугілля, мінерали.

Послуги з **регулювання** базуються на тому, що екосистеми допомагають підтримувати життя регуляцією усіх процесів екосистем. Серед них можна виокремити очищення повітря рослинами, запилення комахами рослин, розкладання речовин мікроорганізмами, запобігання ерозії ґрунтів рослинами. Зрозуміло, що все це дозволяє нашій планеті бути придатною для життя.

Культурні послуги є не менш важливими, оскільки культурні аспекти людського життя пов'язані з тим, як вони взаємодіють з екосистемами. Різні

цивілізації проходили свій шлях розвитку, і їхня взаємодія з екосистемами формувала культурні звички й життя у цілому. Так, цей тип послуг сприяє розвитку людей, їхній творчості, впливає на локальну, національну і глобальну культуру.

Допоміжні послуги належать до найважливіших і фундаментальних, оскільки відповідають за підтримку життя на Землі. Їх забезпечують різноманітні процеси, які часто не можна побачити: наприклад, фотосинтез, дихання, цикли вуглецю і фосфору. Усі інші екосистемні послуги залежать безпосередньо від цієї групи послуг.

Щодо екосистемних послуг розрізняють три види оцінок: екологічну (базується на індикаторах стану екосистем), монетарну (легко інтегровану в механізми ухвалення рішень) і соціальну, спрямовану на екосистемні послуги, на їхнє сприйняття суспільством із метою попередження можливих конфліктів і забезпечення узгоджених рішень.

Метою монетарних оцінок є знаходження повної економічної вартості (total economic value) екосистем, структура якої містить вартості як використовуваних послуг (use values), так і не використовуваних послуг (nonuse values).

Використовувані послуги містять пряме, непряме і опціональне використання, невикористовувані – це спадок для майбутнього, альтруїстична цінність і цінність існування. **Послуги прямого використання** поділяють на відчужувані (урожай або сировину) і невідчужувані (естетичні). **Послуги непрямого використання** переважно пов'язані з регулюючими функціями екосистем (регулюванням якості води й повітря тощо). **Опціональне використання** характеризує можливе застосування послуг у майбутньому. **Невикористані послуги** не мають певних інструментальних характеристик. Вони відображають задоволення людини від усвідомлення того, що майбутні покоління також будуть мати доступ до екосистемних послуг, що залишаються їм у спадок (bequest value). Для кожного із цих видів вартості (цінності) існують свої методи монетарної оцінки.

Найбільш прості методи ринкової оцінки (market price methods), що використовуються для відчужуваних постачальницьких послуг (їжа, вода, сировина). Водночас необхідно враховувати, що ринки можуть бути порушеними (монополізованими, субсидованими), і не завжди до ринкової вартості входять усі необхідні витрати (наприклад витрати, пов'язані з необхідністю запобігання забруднення довкілля). Для об'єктивної оцінки можливе корегування ринкових цін. Метод, за допомогою якого запобігли витрат (avoided cost), заснований на оцінці можливих витрат за браком цієї послуги. Метод заміщення витрат (replacement cost) схожий за змістом – оцінюють витрати на потенційне заміщення екосистемних послуг послугами, виробленими людиною (наприклад, очищенням забруднень). Метод факторно-обумовленого доходу (factor income) оцінює додатковий прибуток (дохід) за рахунок непрямого використання послуг природи, наприклад, природне очищення води збільшує доходи рибних господарств. Метод транспортних витрат (travel cost) заснований на обліку тих витрат, які людина готова понести, щоб отримати доступ до цієї послуги (враховують не тільки ціну квитка, але і всю сукупність витрат, включно із витратами часу), що використовують під час оцінювання рекреаційних послуг. Метод гедоністичного ціноутворення (hedonic pricing) оцінює екосистемні послуги за допомогою різниці у ціні однакових товарів залежно від довкілля. Так, ціна однакового за комфортом житла першої лінії біля моря і віддаленого від моря буде сильно відрізнятися. Цей метод зручний для оцінки естетичних (культурних) послуг екосистем. Метод умовної оцінки контингенту (contingent valuation) заснований на опитуванні певної групи людей про їхню готовність платити за різні сценарії змін щодо моря і землекористування. Схожий метод групової оцінки (group valuation) заснований на оцінках не індивідуальних користувачів, а узгоджених групових оцінках. Загальним для багатьох методів є підхід, який можна розтлумачити як готовність платити (willingness to pay). Для неї розробляють спеціальні опитувальники. Після первинних опитувальних досліджень (або досліджень цін на ринку) для визначення ціни екосистемних послуг

використовують підхід перенесення вартості (value transfer) – тобто екстраполюють отримані оцінки на подібні за умовами території.

Питання для самоконтролю

1. Які існують класи екосистемних послуг?
2. У чому значення послуг із регуляції?
3. Які існують послуги постачання?
4. У чому важливість культурних послуг?
5. Які методи монетизації існують на сьогодні?

Практична робота № 4 Опанування додатків для оцінювання екосистемних послуг

Мета й завдання: формувати професійні уміння й навички з використання додатків для оцінювання екосистемних послуг, які надають рослини; розвивати творчий підхід до роботи як засіб виховання стійкого професійного інтересу; виховувати екологоорієнтований світогляд.

Матеріали й обладнання: зошит, олівець, сантиметрова стрічка, висотомір або додаток «On Distance», компас, лінійка, ноутбуки чи персональні комп'ютери; додатки «My Tree» і «i-Tree Species», доступ до мережі «Інтернет».

Терміни: «My Tree»; «i-Tree Species»; інвентаризація.

Питання для підготовки до заняття

1. Інвентаризація рослин.
2. Додатки для розрахунку екосистемних послуг, які надають дерева.
3. Можливості додатка «My Tree».
4. Можливості додатка «i-Tree Species».

План заняття

Заняття з використанням технології «Case-study» (Манчестерська школа).

На першому етапі застосовують індивідуальну форму роботи, під час якої здобувачам необхідно: обрати ділянку для дослідження і проаналізувати її функціональне призначення; підготувати необхідне обладнання для інвентаризації рослин; спланувати проведення досліджень; провести інвентаризацію зелених насаджень на обраній ділянці; за допомогою додатка «My Tree» розрахувати екосистемні послуги рослин. Другий етап проходить з використанням фронтальної/групової форми роботи, під час якої кожен здобувач доповідає про виявлені проблеми на своїй ділянці. Далі здобувачі аналізують функціональне призначення індивідуальних ділянок і виявлені проблеми, шукають подібні риси, пропонують вирішення проблем. На третьому

етапі (індивідуальна робота) здобувачі опановують роботу з додатком «i-Tree Species» і добирають новий асортимент рослин, спрямований на виконання певних функцій відповідно до призначення ділянки. Четвертий етап (фронтальна / групова робота) полягає в обговоренні властивостей нового асортименту, пошуку спільних видів і виокремлення таких, що є одночасно декоративними і здатними забезпечувати виконання необхідних функцій. Заключний етап – саморефлексія і рефлексія.

І етап

4.1 Опанування додатка «My Tree»

Завдання полягає у створенні індивідуального проєкту і розрахунку екосистемних послуг рослин за допомогою додатка «My Tree».

1. Обрати конкретну ділянку із зеленими насадженнями (парк, сквер, сад, вулицю). На цій ділянці визначити видовий склад дерев і кількість особин кожного виду. Для кожної особини визначити стан згідно з «Інструкцією з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України». Виміряти мірною вилкою або сантиметровою стрічкою діаметр стовбура (на висоті 130 см від рівня ґрунту). Зафіксувати у журналі для кожної особини рівень освітлення, за якого вона зростає. Якщо рослина знаходиться біля будинку, треба звернути увагу на дату його впровадження до експлуатації: після 1980 року; у 1950–1980 рр.; до 1950 р. Для кожної особини всі отримані результати зафіксувати у таблиці 13.

Таблиця 13 – Результати інвентаризації зелених насаджень

Вид	Кількість особин	Діаметр (Пн-Пд, З-С)	Режим освітлення	Санітарний стан	Примітки

2. Робота в додатку My Tree. Зайти за посиланням: URL: <https://mytree.itreetools.org/#/> і натиснути «Почати» (рис. 9), що приведе до

спрямування на сторінку з пошуковиком. У рядку із пошуком ввести необхідну адресу.

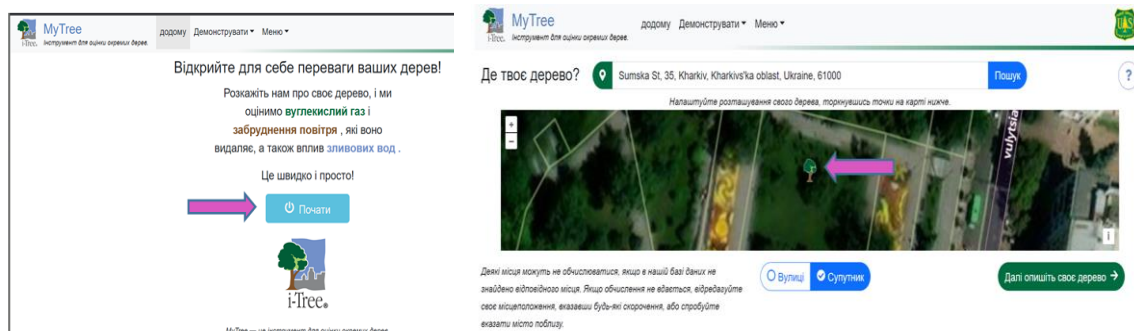


Рисунок 9 – Початок роботи із додатком

На мапі, яку можна пересувати за допомогою курсору, поставити точку, що відповідає місцю розміщення рослини. Натиснути команду «Далі опишіть своє дерево». Вас буде спрямовано на іншу сторінку, де у запропонованій таблиці для зазначення назви виду обрати функцію «Введення наукової назви». У рядку ввести наукову назву роду й із запропонованого переліку обрати необхідний вид (рис. 10). Якщо не знаєте назву виду, є можливість ідентифікувати рослину.

На наступному етапі треба обрати стан дерева, додати показник діаметра його стовбура (табл. 13). Дюйми можна замінити у налаштуваннях «Одиниці виміру» на метричні.

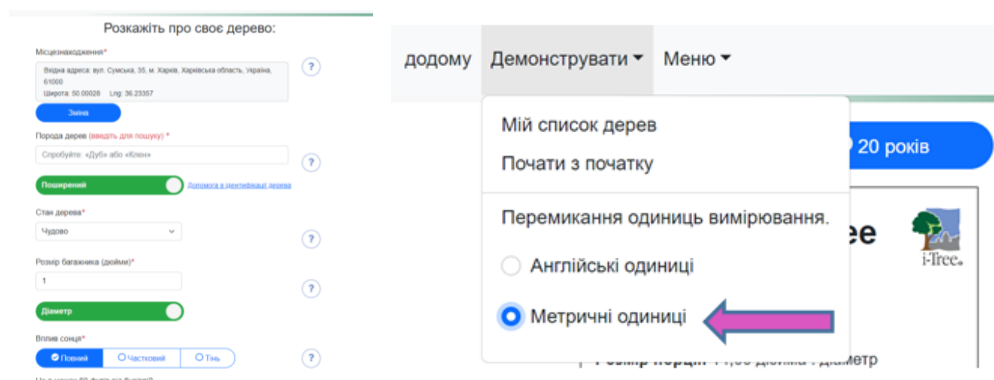


Рисунок 10 – Внесення даних інвентаризації

Обрати рівень освітлення рослини. Якщо біля рослини є будівля, треба зазначити це та із запропонованого переліку обрати відповідний тип. Якщо

необхідно занести дані інших рослин, треба перейти за посиланням «Додайте більше дерев або отримайте результат» (рис. 11). Вас буде спрямовано на сторінку, де треба обрати команду «Додати інше дерево».

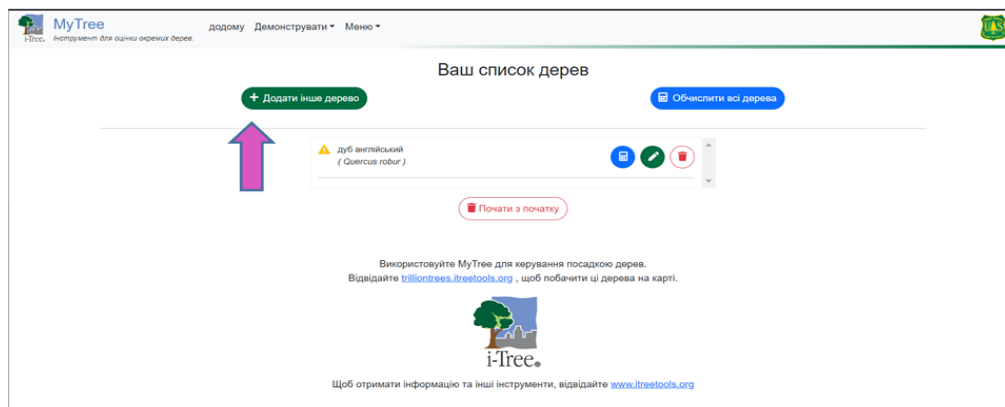


Рисунок 11 – Додавання інформації про інші дерева

Якщо необхідно провести розрахунки лише для одної особини, треба обрати команду «Обчисліть усі дерева». Це призведе до спрямування на сторінку з результатами як за поточний рік, так і за 20 років (рис. 12).

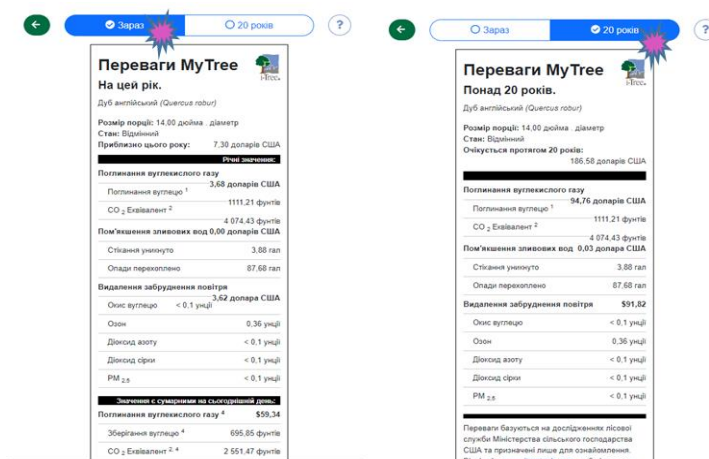


Рисунок 12 – Екосистемні послуги виду за поточний рік і за 20 років

На останньому етапі треба відкрити у новому вікні сторінку за посиланням: URL: <https://mytreemap.itreetools.org/>, яка переспрямує до інтерактивної мапи з особинами, що були долучені до бази (рис. 13).

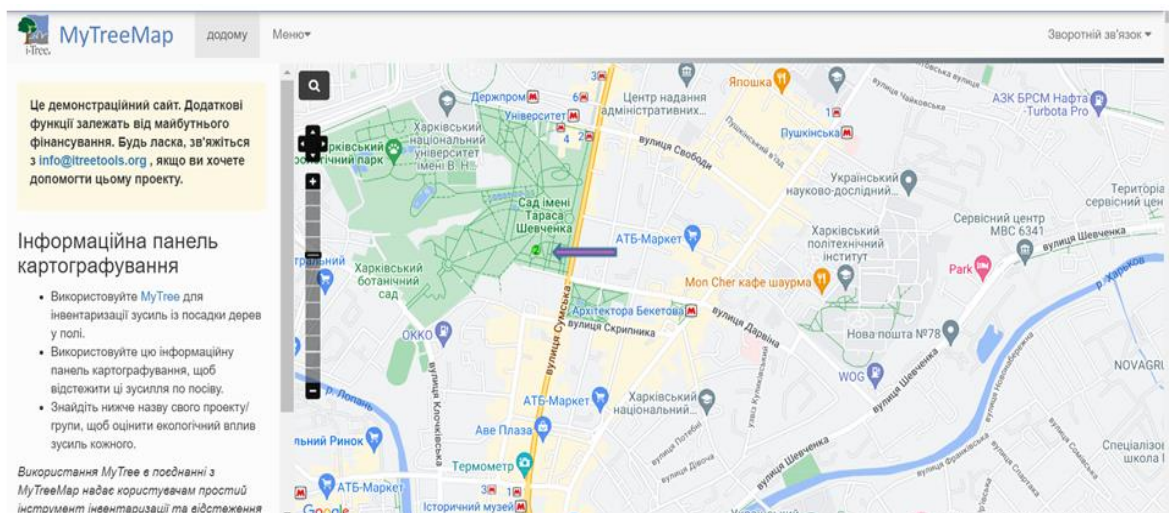


Рисунок 13 – Інтерактивна мапа

На інтерактивній мапі перевірити точність точкового розміщення видів. У разі необхідності внести корективи.

II етап

Виступи здобувачів із висвітленням результатів індивідуальних проєктів з окресленням функціонального призначення дослідної ділянки і виявлених на неї проблем. Фронтальне обговорення проблем і пропозицій щодо їх вирішення для виокремлення двох найбільш оптимальних варіантів.

III етап

Індивідуальна робота здобувачів із додатком i-Tree Species спрямована на добір нового асортименту рослин для поліпшення ситуації на проблемній ділянці.

4.2 Опанування додатка «i-Tree Species»

Для обраної ділянки обрати від п'яти до десяти видів дерев, які спрямовані на виконання однієї чи кількох функцій. Необхідно виконати певний алгоритм дій:

1. На підготовчому етапі для дослідної ділянки визначити діапазон середньорічної мінімальної температури і тривалість вегетаційного періоду.

Окреслити функції, які повинні виконувати рослини з пропонованого асортименту.

2. Для роботи з додатком «i-Tree Species» скопіювати до пошуковика посилання: URL: <https://species.itreetools.org/> і ознайомитись зі змістом вкладки «Додому» (рис. 14). Звернути увагу на те, що для подальшої роботи треба обрати своє місце розташування і оцінити від 0 до 10 балів запропоновані функції рослин: зимостійкість, максимальну висоту, фактори довкілля. Найвищі бали ставити тим функціям, які будуть відповідати призначенню рослини. Натиснути на гіперпосилання «Почати».

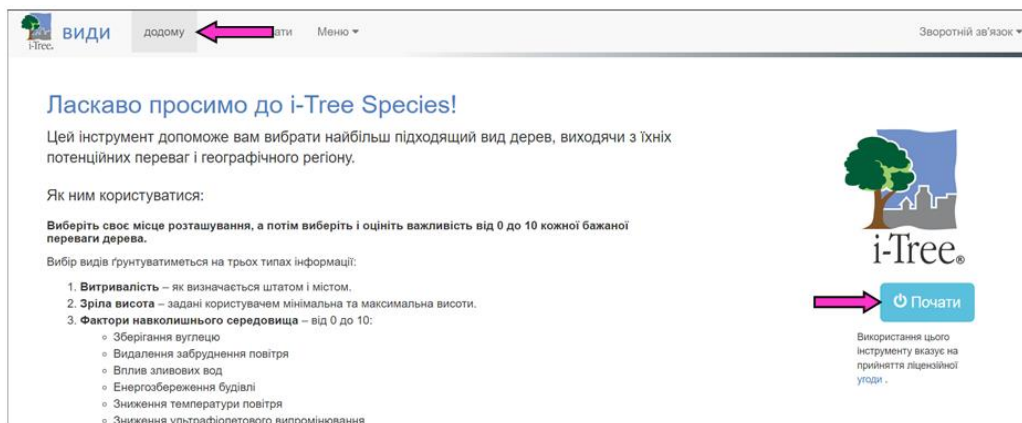


Рисунок 14 – Початок роботи з додатком «i-Tree Species»

У вкладці «Демонструвати» із запропонованого переліку обрати необхідну інформацію (рис. 15).

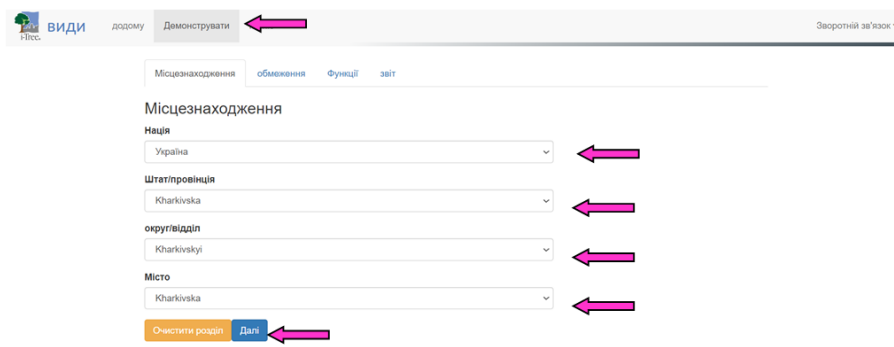


Рисунок 15 – Внесення даних про район дослідження до бази «i-Tree Species»

Звернути увагу на те, що з пропонованого списку треба обрати діапазон середньорічної мінімальної температури для своєї місцевості й тривалість вегетаційного періоду, які були визначені на підготовчому етапі (рис. 16). Після заповнення усіх полів обрати команду «Далі» і перейти до вкладки «Обмеження». Замінити в одиницях виміру фути на метри, за необхідності вказати максимальну й мінімальну висоту рослин, обрати команду «Далі».

Рисунок 16 – Внесення даних до бази «i-Tree Species»

У вкладці «Функції» обрати такі, що сприятимуть виконанню визначених функцій рослин за шкалою від 0 до 10 балів (рис. 17). Під час вибору «Видалення забруднюючих речовин» розробники додатка радять обирати «Загалом», а не «Специфічні». Оцінюючи функціональні можливості рослин треба ставити коректні бали, якщо вибір спрямований на перехресні функції. Під час вибору зимостійкості варто пам'ятати, що цей додаток створений на основі даних про зони зимостійкості США.

Отриманий звіт буде містити асортимент рослин (залежно від обраних функцій рослин їхня кількість може варіюватися) за обраними на попередніх етапах характеристиками.

Рисунок 17 – Налаштування вибору функцій для рослин

Із запропонованого переліку видів, який може охоплювати кілька десятків, можна обрати необхідну кількість (рис. 18).

Species				Sensitivity			Pest Risk
Scientific Name	Common Name	Hardiness Zone	Invasive	Ozone (O3)	Nitrogen Dioxide (NO2)	Sulfur Dioxide (SO2)	Possible Pests
PERSEA PALUSTRIS	SWAMP BAY	8 ~ 11					
PERSEA BORBONIA	REDBAY	8 ~ 11					
BUCIDA BUCERAS	BLACK OLIVE	11 ~ 11					
BUCIDA MOLINETII	SPINY BUCIDA	11 ~ 11**					
ANNONA CHEIRIMOLA	CHERIMOYA	10 ~ 11**					
ANNONA MONTANA	MOUNTAIN SOURSOP	10 ~ 11**					
ANNONA SQUAMOSA	ANON	10 ~ 11**					
TRICHILIA HIRTA	BROOMSTICK	10 ~ 11					

Рисунок 18 – Пропонований асортимент за певними характеристиками

3. Проаналізувати отриманий асортимент рослин, виділити такі, що можуть бути придатні для озеленення не території України.

IV етап

Фронтальна робота з обговоренням складеного асортименту рослин, їхніх властивостей і доцільності використання для дослідної ділянки.

V етап

Рефлексія і саморефлексія здобувачів щодо вирішення проблеми й набутих умінь та навичок.

Завдання для самостійної індивідуальної роботи

Зміст завдання:

1. Провести інвентаризацію дерев на обраній ділянці й занести отримані результати до таблиці 14.

Таблиця 14 – Характеристика деревних рослин

Назва виду	Діаметр стовбура	Рівень освітлення	Будинок (рік впровадження до експлуатації)	Примітки

Методика виконання роботи:

1. На обраній ділянці визначити види дерев і порахувати кількість особин кожного виду й занести дані до таблиці 14.

2. За допомогою компасу і мірної вилки (сантиметрової стрічки) визначити діаметр кожної особини у напрямі південь – північ, захід – схід. Занести дані до таблиці 14. Визначити рівень освітлення для кожної особини і близькість її розміщення до будівлі (у разі її наявності). З'ясувати рік впровадження будівлі до експлуатації. Занести дані до таблиці 14.

3. Отримані результати використати для роботи з додатком для визначення вартості екосистемних послуг.

Джерела. Дані натурних обстежень.

Форма подання. Письмовий звіт завантажують до відповідної дисципліни у MOODLE у форматі pdf. Термін виконання – до закінчення модульного тижня ЗМ 3. У разі асинхронного навчання треба підготувати відеозвіт тривалістю до двох хвилин і завантажити його до папки у команді Teams.

Теоретичний матеріал

Додаток «i-Tree» є набором інструментів для аналізу потреб міського і лісового господарства й інвентаризації, що розроблений Лісовою службою Міністерства сільського господарства США 2002 року. Він здатний виявляти

переваги окремих видів, надавати кількісну оцінку екосистемних послуг для дерев. За його допомогою можна розрахувати кількісні показники видалення забруднення, поглинання вуглецю, затримки зливових вод тощо. Цей додаток дозволяє стежити за ростом дерев для використання цих даних під час планувальних робіт. Додаток «i-Tree» містить різні програми, є безкоштовним і доступним за запитом через сайт www.itreetools.org.

Призначення «i-Tree Species» полягає у відборі асортименту, який враховує потенційні переваги кожного окремого виду з прив'язкою до географічного регіону. Необхідно мати інформацію про витривалість і максимальну висоту видів. Крім цього, треба зазначити у балах (від 0 до 10) потребу в певних функціях: депонування вуглецю, очищення повітря, поглинання зливових вод; здатність до зменшення температури повітря; зменшення ультрафіолетового випромінювання; ступінь алергенності пилку; здатність до зменшення вітру. Додаток «i-Tree Species» містить потужну базу даних дерев, які найчастіше використовуються для озеленення вулиць.

За допомогою «i-Tree Eco» можна отримати загальне уявлення про всю площу насаджень. Необхідно мати дані польових досліджень випадково розміщених ділянок і погодинні дані метеорологічної станції щодо забруднення повітря. Це дасть змогу отримати кількісну оцінку структури зелених насаджень (лісів), їхнього впливу на довкілля і цінності для людського суспільства.

Фокус «i-Tree Streets» спрямовано на екосистемні послуги і структуру популяції дерев у вуличних насадженнях. Щоб його використовувати, необхідно мати дані повної або часткової інвентаризації насаджень. Це дозволяє визначити грошовий еквівалент екологічних переваг кожного виду.

Додаток «i-Tree Species Selector» розроблено для відбору оптимальних видів дерев з урахуванням екологічних особливостей і ареалу.

Для оцінки масштабних збитків, викликаних негативними гідрологічними подіями, використовують «i-Tree Storm».

Бета-версія «i-Tree Vue» дозволяє користуватись картографічним матеріалом і надавати оцінку ґрунтовому покриву, екосистемним послугам, масивам зелених насаджень. Є можливість моделювання схем насаджень рослин.

Питання для самоконтролю

1. Які додатки дозволяють виявляти екосистемні послуги дерев?
2. У чому призначення додатка «My Tree»?
3. Які дані про рослини необхідні для використання «My Tree»?
4. Яка функція додатка «i-Tree Species»?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бессонова В. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг [Електрон. ресурс]: навч. посіб. / В. П. Бессонова ; Дніпровський державний аграрно-економічний університет. – Електрон. текст. дані. – Дніпро : Герда, 2024. – 206 с. – Режим доступу: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/9788/1/%D0%A4%D1%96%D1%82%D0%BE%D1%96%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf>, вільний (дата звернення: 20.04.2025). – Назва з екрана.
2. Ведення Державного кадастру рослинного світу України. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/bioriznomanittya/chervona-knyga-ukrayiny/vedennya-derzhavnogo-kadastru-roslynnogo-svitu-ukrayiny/>, вільний (дата звернення: 24.03.2025). – Назва з екрана.
3. Відомості Державного лісового кадастру [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://data.gov.ua/dataset/341e5bd6-3855-4507-9a53-f95a9a1e3035>, вільний (дата звернення: 22.03.2025). – Назва з екрана.
4. Державний кадастр територій та об'єктів природно-заповідного фонду [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: https://data.gov.ua/dataset/mepr_05, вільний (дата звернення: 22.03.2025). – Назва з екрана.
5. Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України [Електрон. ресурс] : наук. видання / В. П. Ткач [та ін.] – Електрон. текст. дані. – Харків : УкрНДІЛГА, 2023. – 28 с. – Режим доступу: <https://uriffm.org.ua/static/main/files/EcoSys.pdf>, вільний (дата звернення: 29.04.2025). – Назва з екрана.

6. Законодавча база України [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws>, вільний (дата звернення: 18.03.2025). – Назва з екрана.

7. Станкевич-Волосянчук О. Методичні рекомендації щодо оцінки вартості послуг екосистем [Електрон. ресурс] / О. Станкевич-Волосянчук, І. Тимченко, С. Савченко ; БФ «Екологія-Право-Людина». – Електрон. текст. дані. – Київ : Екосфера, 2023. – 46 с. – Режим доступу: <https://ekospha.org/wp-content/uploads/2023/06/methodology-of-ecosystem-services.pdf>, вільний (дата звернення: 22.03.2025). – Назва з екрана.

8. Про Державний земельний кадастр [Електрон. ресурс] : Закон України, чинний, поточна редакція від 28.05.2024, підстава – 3563-IX, – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>, вільний (дата звернення: 20.03.2025). – Назва з екрана.

9. Робочий зошит з основ дистанційного зондування Землі. Ч. 2. Аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах [Електрон. ресурс]: навч. посіб. / С. М. Бабійчук, О. В. Томченко, Н. С. Коблюк [та ін.] ; за ред. С. О. Довгого. 2-ге вид., доповн. і переробл. – Електрон. текст. дані. – Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2024. – 452 с. – Режим доступу: <https://zenodo.org/records/14865181>, вільний (дата звернення: 20.04.2025). – Назва з екрана.

10. Copernicus Browser [Electronic resource] : site. – Electronic text data. – Constantly updated. – Regime of access: <https://browser.dataspace.copernicus.eu>, free (date of access: 24.03.2025). – Header from the screen.

11. My Tree [Electronic resource] : site. – Electronic text data. – Constantly updated. – Regime of access: <https://mytree.itreetools.org/#/>, free (date of access 24.03.2025). – Header from the screen.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних завдань і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МОНІТОРИНГ УРБООКОСИСТЕМ»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми
навчання зі спеціальності 206 – Садово-паркове господарство,
освітньо-професійна програма «Садово-паркове господарство»)*

Укладач **ГОНЧАРЕНКО** Яніна Вікторівна

Відповідальний за випуск *Я. В. Гончаренко*
Редактор *Б. О. Хільська*
Комп'ютерне верстання *Я. В. Гончаренко*

План 2025, поз. 199М

Підп. до друку 19.08.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 3,2.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.