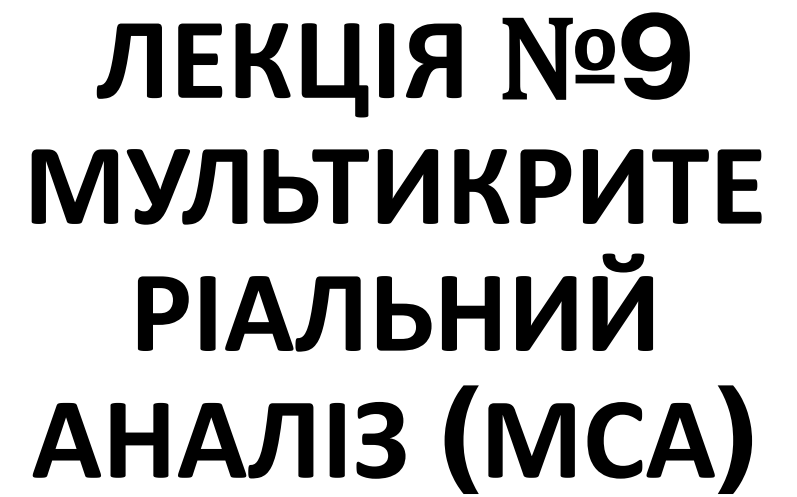




ЛЕКЦІЯ №9

МУЛЬТИКРИТЕРІАЛЬНИЙ АНАЛІЗ (МСА)

1. Поняття MCA (Multi-Criteria Analysis) та CBA (Cost-Benefit Analysis)

2. Ваги критеріїв у багатокритеріальному аналізі (MCA)

3. Аналіз чутливості та невизначеності в системах MCA/CBA

4. Екосистемні послуги та натуральний капітал

1. Поняття MCA (Multi-Criteria Analysis) та CBA (Cost-Benefit Analysis)

- **MCA – Multi-Criteria Analysis**
(багатокритеріальний аналіз)
- Це методологічний підхід до прийняття рішень, що враховує **декілька, часто несумірних критеріїв**, які відображають економічні, екологічні, соціальні та технологічні аспекти альтернатив.

МЕТА MCA:



- допомогти прийняти зважене рішення у випадках, коли показники не можна перевести у грошову форму або вони мають різну природу (наприклад, *якість води, соціальне схвалення, вартість впровадження*).

КЛЮЧОВА ІДЕЯ:

- оцінити “*комплексну доцільність*” варіантів за системою критеріїв із певними вагами та отримати **рейтинг альтернатив** (наприклад, яка технологія рекультивації найкраща за сумарним балом).

CBA – Cost-Benefit Analysis (аналіз вигід і витрат)

- Це класичний економічний метод оцінювання проектів, який базується на принципі **максимізації чистої суспільної вигоди.**

Він порівнює усі витрати та вигоди проекту, приводячи їх до **спільного грошового виміру і до одного моменту часу** (через дисконтування).



МЕТА СВА:

- з'ясувати, чи є проєкт доцільним із точки зору економічної ефективності, тобто чи перевищують вигоди витрати ($B/C > 1$; $NPV > 0$).

КЛЮЧОВА ІДЕЯ:

- у грошовому вимірі відобразити *повний життєвий цикл проєкту* — від інвестицій до екологічних, соціальних і економічних результатів

Відмінності MCA та CBA

Ознака	MCA (Multi-Criteria)	CBA (Cost-Benefit)
Тип показників	Різномірні (економічні, екологічні, соціальні)	Грошові (усі вартісно виражені)
Природа критеріїв	Якісні + кількісні	Тільки кількісні
Результат	Рейтинг альтернатив (бали, пріоритети)	Абсолютна економічна ефективність (NPV, B/C, IRR)
Застосування	Коли неможливо або недоцільно монетизувати вплив	Коли усі ефекти піддаються грошовій оцінці
Приклад рішень	Вибір місця будівництва очисних споруд; оцінка стратегій екологічного менеджменту	Оцінка економічної доцільності екопроектів; інвестицій у біоенергетику

Етапи проведення МСА

- **1. Формулювання мети рішення** — наприклад, “зменшення забруднення річки Уж”.
- **2. Визначення альтернатив** ($A_1, A_2, A_3 \dots$) — наприклад, “біофільтрація”, “фіторемедіація”, “механічне очищення”.
- **3. Вибір критеріїв оцінки** — екологічний ефект, вартість, соціальна підтримка, технологічна складність.
- **4. Присвоєння ваг** (W_i) — визначення важливості кожного критерію.
- **5. Оцінювання альтернатив за шкалою** (S_{ij}) — наприклад, від 0 до 5.

6. Розрахунок інтегрального показника:

$$Score_j = \sum_{i=1}^n W_i \times S_{ij}$$

- **7. Ранжування альтернатив —
найвищий бал = найкраще рішення.**
- **8. Перевірка стабільності
результату (аналіз чутливості).**

Приклад: розробка МСА для Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

№	Критерій	Зміст	Вага (Wi)
1	Екологічна ефективність (K1)	Зниження ризиків пожеж, стабілізація радіаційного фону, покращення якості води	0,25
2	Наукова результативність (K2)	Кількість досліджень, впровадження інновацій, міжнародна співпраця	0,20
3	Економічна стійкість (K3)	Рівень фінансування, залучення грантів, ефективність витрат	0,15
4	Цифрова трансформація (K4)	Рівень автоматизації, використання GIS/AI систем	0,15
5	Кадрова спроможність (K5)	Кваліфікація персоналу, навчання, адаптивність управління	0,10
6	Міжнародна інтеграція (K6)	Співпраця з UNESCO, IAEA, IUCN, участь у програмах MAB	0,15

Оцінювання ефективності кожного сценарію здійснено за шкалою 1–5 (де 1 – низька ефективність, 5 – висока).

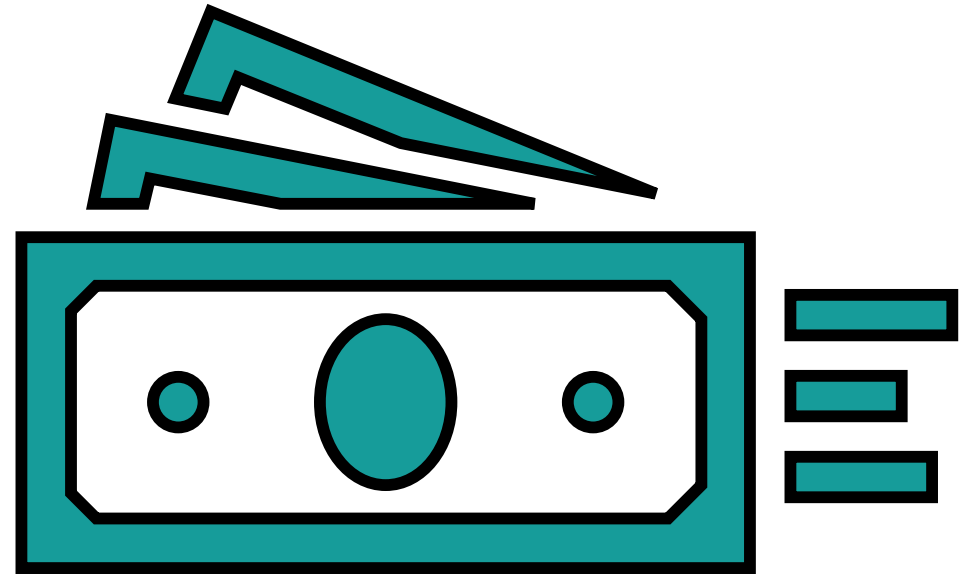
Критерій	Оптимістичний	Реалістичний	Інноваційний
Екологічна ефективність (К1)	4	3	5
Наукова результативність (К2)	4	3	5
Економічна стійкість (К3)	4	4	4
Цифрова трансформація (К4)	3	2	5
Кадрова спроможність (К5)	3	4	4
Міжнародна інтеграція (К6)	5	3	5

Результати розрахунку:

Сценарій	Розрахунок	Індекс ефективності (I_{eff})
Оптимістичний	$(0,25 \times 4) + (0,20 \times 4) + (0,15 \times 4) + (0,15 \times 3) + (0,10 \times 3) + (0,15 \times 5)$	4,0
Реалістичний	$(0,25 \times 3) + (0,20 \times 3) + (0,15 \times 4) + (0,15 \times 2) + (0,10 \times 4) + (0,15 \times 3)$	3,1
Інноваційний	$(0,25 \times 5) + (0,20 \times 5) + (0,15 \times 4) + (0,15 \times 5) + (0,10 \times 4) + (0,15 \times 5)$	4,75

Етапи проведення СВА

- 1. **Визначення мети проєкту** — наприклад, “створення біогазової установки”.
- 2. **Ідентифікація вигід (В)** — економія палива, зниження викидів, створення робочих місць.
- 3. **Ідентифікація витрат (С)** — інвестиції, експлуатаційні витрати, амортизація.
- 4. **Оцінка грошової вартості ефектів.**



- **5. Дисконтування майбутніх вигод:**

$$PV = \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t}$$

- **6. Обчислення показників:**
- **NPV (Net Present Value):** сума приведених вигід – витрат.
- **B/C ratio:** відношення вигід до витрат.
- **IRR:** ставка дисконту, при якій $NPV = 0$.
- **7. Інтерпретація результатів:**
- якщо $NPV > 0 \rightarrow$ проєкт вигідний;
- якщо $B/C > 1 \rightarrow$ ефект перевищує витрати.

Поєднання МСА і СВА у прийнятті екологічних рішень

- **МСА** дозволяє врахувати неекономічні фактори (екологічні, соціальні, культурні).
- **СВА** оцінює економічну доцільність у грошовому вимірі.
- У сучасній практиці часто використовують **інтегрований підхід (hybrid МСА–СВА)**:
 1. Спершу оцінюють альтернативи за МСА (зважений рейтинг).
 2. Потім проводять СВА для фінансово-економічного обґрунтування найкращих альтернатив.
 3. У підсумку отримують рішення, що є *економічно вигідним і екологічно стійким*.



Ключові ВИСНОВКИ

МСА — гнучкий інструмент для екологічного управління, коли критерії різномірні.

СВА — базовий метод економічного обґрунтування рішень.

Разом вони забезпечують системний підхід до оцінювання сталих проектів, поєднуючи аналітичну точність і соціально-екологічну чутливість.

У контексті природоохоронних рішень — це фундаментальні інструменти екологічної політики, стратегічного планування та інвестиційної оцінки

2. Ваги критеріїв у багатокритеріальному аналізі (МСА)

- У багатокритеріальному аналізі кожен критерій (екологічний, економічний, соціальний, технологічний тощо) має **різну важливість для прийняття рішення**. Тому вводиться поняття “**вага критерію**” (W_i) — числова оцінка, що показує, **наскільки цей критерій впливає на підсумковий результат порівняно з іншими**.

- **♦ Вага (W_i)** = коефіцієнт важливості, який визначає відносний внесок критерію в загальну оцінку.
 - ♦ Сума ваг усіх критеріїв дорівнює 1 (або 100 %).**

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Роль ваг у процесі МСА

- Ваги визначають, **наскільки сильний вплив має певний аспект рішення.**

Без них усі критерії вважалися б однаково важливими — що часто є нереалістичним у природоохоронному управлінні.

 **Приклад:
У виборі
способу
очищення
води:**

Критерій	Вага (W_i)	Пояснення
Екологічна ефективність	0.4	головна мета – покращення якості води
Економічна доцільність	0.3	обмежений бюджет громади
Соціальна прийнятність	0.2	громадська підтримка
Інноваційність	0.1	врахування технологічних рішень

**Загальна оцінка кожної альтернативи
розраховується як:**

$$Score_j = \sum (W_i \times S_{ij})$$

Де

W_i – вага критерію;

S_{ij} – оцінка альтернативи j за критерієм i .

Основні методи визначення ваг критеріїв

- **❶ Експертне оцінювання (Delphi Method)**
- Ґрунтується на опитуванні групи експертів у кілька раундів.
- У кожному турі експерти уточнюють свої оцінки після ознайомлення з узагальненими результатами попереднього.
- Зрештою формується **консенсусна вага критеріїв**.
 -  *Перевага:* глибина експертного аналізу.
 -  *Недолік:* можливий суб'єктивізм.

- **2** Метод парних порівнянь (**Pairwise Comparison**)
- Усі критерії порівнюються попарно за важливістю.
- Для кожної пари визначається коефіцієнт переваги (наприклад, 1 = однаково важливі, 3 = помірна перевага, 5 = суттєва).
- Розраховуються відносні ваги шляхом нормалізації.

Критерій	Екологічна еф.	Економічна	Соціальна
Екологічна еф.	1	3	5
Економічна	1/3	1	3
Соціальна	1/5	1/3	1



Приклад:

Після нормалізації: Екологічна еф. = 0.58, Економічна = 0.29, Соціальна = 0.13.

- **3** Метод аналізу ієрархій (**АНР – Analytic Hierarchy Process**)
- Один із найточніших способів визначення ваг.
- Побудова ієрархічної структури цілей → критеріїв → підкритеріїв → альтернатив.
- Застосовується **матриця парних порівнянь**, перевіряється узгодженість ($\text{Consistency Ratio} \leq 0.1$).
- Використовується в екологічних проєктах ЄС і Світового банку.
-  *Приклад застосування:* вибір оптимальної технології очищення стічних вод на рівні громади.

- **4 Метод ранжування (Ranking Method)**
- Експерти просто розставляють критерії за порядком важливості.
- Наприклад, 1 — найважливіший, 4 — найменш важливий.
- Далі ваги обчислюються за формулою:

$$W_i = \frac{n - r_i + 1}{\sum_{i=1}^n (n - r_i + 1)}$$

- де r_i — ранг критерію.
-  *Приклад:* якщо 4 критерії мають ранги 1, 2, 3, 4 →
 $W = (0.4; 0.3; 0.2; 0.1)$.

- **5** Метод анкетування стейкхолдерів
- Визначення ваг через **соціальні опитування** або інтерв'ю громад, підприємств, науковців.
- Враховується *цінність для місцевих мешканців* (наприклад, чиста вода може отримати 0.5, тоді як економічна вигода — 0.3).
 - Особливо корисно для **громадоорієнтованих проектів (Community-based management)**.

- **6** Статистичні методи (об'єктивні ваги)
- Використовують реальні дані та статистичні інструменти (наприклад, **Principal Component Analysis – PCA**).
- Критерії з більшою варіацією або впливом отримують вищу вагу.
 - ◆ Використовується у великих регіональних дослідженнях — наприклад, при оцінці екологічного стану басейнів річок України.

Нормалізація ваг

- Після визначення всі ваги нормалізуються, щоб їх сума дорівнювала 1.

$$W_i^{norm} = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

- Це забезпечує сумісність із формулою підрахунку інтегрального показника MCA.

Приклади практичного застосування



Приклад 1. Вибір екотехнології очищення стічних вод у місті Олевськ

Критерій	Вага	Оцінка (0–5)	Зважений бал
Екологічна ефективність	0.4	5	2.0
Економічна доступність	0.3	3	0.9
Соціальна прийнятність	0.2	4	0.8
Технологічна готовність	0.1	4	0.4
Разом	1.0	—	4.1

→ *Найкраща альтернатива: біофільтрація з локальними матеріалами.*



Приклад 2. Пріоритезація природоохоронних заходів у басейні річки Пержанка

Альтернатива	Екологічний ефект (0.5)	Соціальний ефект (0.3)	Економічна доцільність (0.2)	Сумарний бал
Рекультивація торфовищ	5	3	3	4.2
Біоплато в селах	4	5	4	4.4
Біогазова установка	3	4	5	4.1

→ *Пріоритет: біоплато, оскільки воно має найвищу інтегральну оцінку при високих соціальних вигодах.*

Проблеми та ризики у визначенні ваг

Суб'єктивність експертів — вплив особистих поглядів.

Недостатня узгодженість критеріїв — різне розуміння термінів.

Конфлікт між економічними та екологічними пріоритетами.

Зміна ваг у часі — важливість критеріїв може змінюватися під впливом зовнішніх умов (політика, війна, кліматичні кризи).

Невизначеність — неповні або неточні дані, які впливають на точність МСА.



ІНТЕРАКТИВ
«Хто вирішить долю річки?» –
симуляційна гра МСА з
вибором природоохоронного
рішення

**Ситуація:
громада
планує
реалізувати
природоохоро
нний проєкт у
басейні річки
Пержанка.
Є три
альтернативи:**

Альтернатива	Опис
A₁. Біоплато для очищення води	Використання рослин і мікроорганізмів для природного фільтрування
A₂. Біогазова установка	Переробка органічних відходів і отримання енергії
A₃. Рекультивація торфовищ	Відновлення заболочених ділянок для зменшення пожеж і акумуляції CO ₂

 **Критерії
оцінювання:**

Екологічна ефективність

Економічна доцільність

Соціальна підтримка громади

Технологічна готовність

КРОК 1. ВИЗНАЧЕННЯ ВАГ КРИТЕРІЇВ

- Кожна група обговорює, **які критерії найважливіші** для їхнього “сектора”:
- Група 1 — **екологи** (надають перевагу екологічній ефективності).
- Група 2 — **економісти громади** (перевага економічній вигоді).
- Група 3 — **місцева громада** (важлива соціальна підтримка).
- Група 4 — **інженери** (оцінюють технологічну готовність).
- Кожна група встановлює свої ваги (сума = 1).
Наприклад:
- Екологи: 0.5 / 0.2 / 0.2 / 0.1
- Економісти: 0.3 / 0.4 / 0.2 / 0.1
- Громада: 0.3 / 0.2 / 0.4 / 0.1
- Інженери: 0.25 / 0.2 / 0.15 / 0.4

КРОК 2. ОЦІНКА АЛЬТЕРНАТИВ

Альтерна тива	Екол. ефект	Екон. вигода	Соц. підтримка	Техн. готовність
A ₁ Біоплато				
A ₂ Біогаз				
A ₃ Рекультив ація				

Кожна група множить свої ваги на оцінки і обчислює зважений бал (Score):

$$Score_j = \sum (W_i \times S_{ij})$$

3. Аналіз чутливості та невизначеності в системах МСА/СВА

- У будь-якому процесі прийняття екологічних або економічних рішень є **невизначеність даних, суб'єктивність ваг критеріїв, змінність зовнішніх умов.** Тому після проведення багатокритеріального або економічного аналізу обов'язково виконується **аналіз чутливості** (*Sensitivity Analysis*) та **аналіз невизначеності** (*Uncertainty Analysis*).



Мета

з'ясувати, **наскільки стабільним**
є **результат МСА або СВА** при
зміні вхідних параметрів;

визначити, **які змінні найбільше**
впливають на підсумкове
рішення;

оцінити **довіру** до отриманих
висновків і **межі допустимих**
помилки.

Аналіз чутливості (**Sensitivity Analysis**)

- Аналіз чутливості — це метод дослідження, який показує, як змінюється результат (інтегральна оцінка, **NPV**, рейтинг альтернатив), якщо один або кілька параметрів змінюються в межах заданих діапазонів.

Навіщо потрібен

Виявити “вразливі” критерії, на які рішення реагує найбільше.

Перевірити стійкість і надійність обраної альтернативи.

Виявити ситуації, коли незначна зміна ваг або даних призводить до різкої зміни пріоритетів — тобто *ефект нестійкого рішення*.

Основні етапи аналізу чутливості

№	Етап	Зміст
1	Визначення ключових змінних	Наприклад, ваги критеріїв, оцінки альтернатив, ставка дисконту, очікувані вигоди.
2	Вибір діапазону варіації	$\pm 10\%$, $\pm 20\%$ або конкретний інтервал (наприклад, ставка дисконту 5–10%).
3	Проведення обчислень	Перерахунок результатів МСА чи СВА для кожного сценарію.
4	Порівняння результатів	Аналіз зміни рейтингу альтернатив чи економічних показників.
5	Інтерпретація	Визначення критичних параметрів і формулювання висновків.

Методи аналізу чутливості

- **1 Простий (детермінований) підхід**
- змінюють один параметр за раз (*ceteris paribus*);
- спостерігають зміну підсумкового показника.



Приклад: якщо збільшити вагу “екологічної ефективності” з 0.4 до 0.6, чи зміниться лідер серед проектів МСА?

- **2** **Сценарний аналіз**
- формуються сценарії (оптимістичний, реалістичний, песимістичний, кризовий);
- кожен сценарій має свій набір вхідних параметрів;
- оцінюється поведінка системи за цих умов.

 *Приклад:* у СВА для біогазової установки розглядають зміни ціни на електроенергію $\pm 30\%$, вартості сировини $\pm 20\%$.

- **3 Графічний аналіз (Spider / Tornado Chart)**
- показує чутливість результату до зміни кожного параметра у відсотках.
- “Павутина” або “торнадо”-діаграма візуально демонструє, які змінні найбільш впливають на NPV чи рейтинг.

- **4** Моделювання методом Монте-Карло
- випадковим чином генеруються сотні варіантів параметрів (розподіл імовірностей);
- обчислюються результати для кожної комбінації;
- формується **розподіл результатів**, що показує ймовірність досягнення цільового ефекту.



Перевага: надає не один результат, а **ймовірнісний діапазон рішень**.

Приклад 1. Аналіз чутливості у МСА

- **Задача:** вибір способу очищення стічних вод (A_1 , A_2 , A_3).
Критерії: Екол. ефект (0.4), Екон. вигода (0.3), Соц. підтримка (0.2), Тех. готовність (0.1).
→ Результат: A_1 (біоплато) — найкраще.
- **Аналіз чутливості:**
збільшити вагу “економічної вигоди” з 0.3 до 0.5.
→ A_2 (біогазова установка) стає лідером.
 - ◆ Висновок: рішення **залежить від економічних пріоритетів громади**, отже результат “нестійкий” при зміні цього критерію.

Приклад 2. Аналіз чутливості у СВА

- Проект: відновлення торфовищ (інвестиції 5 млн грн, вигоди 1 млн грн/рік протягом 10 років).

NPV при 5% = +1,9 млн грн.

Якщо ставка дисконту зросте до 10%, NPV = +0,2 млн грн; при 12% → від'ємне.

◆ Висновок: **проект чутливий до ставки дисконту**, тобто до вартості грошей у часі.

Аналіз невизначеності (Uncertainty Analysis)

- Аналіз невизначеності — це оцінка впливу неточних, неповних або ймовірнісних даних на кінцевий результат.

У екологічних рішеннях часто дані мають похибки або відсутні повні вимірювання.

Джерела невизначеності:

Категорія	Приклад
Дані (input data)	неточні вимірювання забруднення, усереднені коефіцієнти
Моделі (model structure)	спрощення процесів у МСА або СВА
Параметри (parameters)	суб'єктивні ваги критеріїв, оцінка вигід
Експертні судження	різні думки експертів, відсутність консенсусу
Зовнішні чинники	кліматичні коливання, соціальні зміни, війна, політика

Методи врахування невизначеності

- **1** Інтервальний підхід

- задається діапазон можливих значень (мін–макс) для кожного параметра;
- розраховується результат для меж діапазону.

 *Приклад:* вигода від очищення води – 8–12 млн грн
→ СВА виконується для обох меж.

- **2 Ймовірнісний підхід**
- параметри описуються розподілами імовірності (нормальний, трикутний, експоненційний);
- результат виражається як імовірність досягнення цільового значення (наприклад, “з імовірністю 85 % проєкт економічно ефективний”).

- **3** **Сценарне моделювання невизначеності**
- формуються сценарії зовнішніх змін (економічна криза, зростання тарифів, посуха, воєнний ризик);
- кожен сценарій має власні параметри вигід, витрат і критеріїв.

- **4 Байєсівський підхід**

- оновлення оцінок ваг або параметрів на основі нових даних (після моніторингу або реалізації перших етапів проекту).

- ◆ Цей підхід поєднує аналітику та навчання системи управління.

Інтерпретація результатів

Якщо результат мало змінюється при зміні ваг чи параметрів → рішення **стабільне**.

Якщо зміна навіть одного параметра змінює ранжування → рішення **чутливе** → потрібно уточнити дані або переглянути критерії.

Якщо діапазон результатів надто широкий → **висока невизначеність** → необхідно збирати додаткові емпіричні дані чи проводити моніторинг.

У звітах МСА/СВА обов'язково вказується “**ступінь надійності**” рішення (наприклад, $\pm 10\%$ похибка).

Практичне значення для екологічного менеджменту

МСА: дозволяє вибрати найкращий варіант із багатьох з урахуванням зміни ваг і невизначеності даних.

СВА: допомагає зрозуміти, наскільки проект вигідний навіть при коливаннях економічних параметрів.

Аналіз чутливості та невизначеності — гарантія, що рішення буде гнучким, адаптивним і стійким до змін у навколишньому середовищі чи економіці.

4. Екосистемні послуги та натуральний капітал

- Упродовж XX–XXI ст. відбувся перехід від уявлення про природу як “джерело ресурсів” до розуміння її як “джерела послуг і капіталу”, що забезпечують існування людства.

Цей підхід сформувався у рамках концепцій “**Ecosystem Services**” (екосистемні послуги) та “**Natural Capital**” (натуральний або природний капітал).

- ◆ Вперше поняття *екосистемних послуг* офіційно закріплено в доповіді **Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005)**, а *натуральний капітал* — у моделі **TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (UNEP, 2010–2020)**.

Поняття екосистемних послуг

- Екосистемні послуги (**Ecosystem Services**) — це вигоди, які люди отримують від природних екосистем безпосередньо або опосередковано, і які підтримують добробут, економіку та здоров'я суспільства.
- 💬 **Визначення (МЕА, 2005):**
- “Екосистемні послуги — це прямі та непрямі внески екосистем у добробут людей.”
- ♦ Іншими словами, це “**робота природи**”, яку ми часто отримуємо безкоштовно, але можемо втратити через деградацію довкілля.

За підходом МЕА (2005) виділяють чотири основні типи екосистемних послуг:

Категорія	Приклади	Значення
1. Постачальні (Provisioning)	вода, деревина, продукти харчування, ліки, біопаливо	забезпечують матеріальні ресурси
2. Регулюючі (Regulating)	очищення повітря, регулювання клімату, запилення, утримання CO ₂ , водний баланс	підтримують стабільність біосфери
3. Підтримуючі (Supporting)	ґрунтоутворення, колообіг речовин, фотосинтез, підтримка біорізноманіття	створюють умови для життя
4. Культурні (Cultural)	рекреація, туризм, естетика, духовні цінності, освіта	формують культурну ідентичність та якість життя

 **Приклад:**
ліс виконує
одночасно всі
типи функцій:

постачає деревину (постачальна послуга),

фільтрує повітря (регулююча),

підтримує біорізноманіття (підтримуюча),

забезпечує відпочинок (культурна).

Натуральний капітал (Natural Capital)

- Натуральний (природний) капітал — це сукупність природних ресурсів, екосистем і процесів, які генерують екосистемні послуги.
- 💬 Визначення (ТЕЕВ, 2010):
- “Natural capital – це запаси природних активів (ґрунти, вода, повітря, біота), з яких люди отримують потоки корисних екосистемних послуг.”
- ♦ Тобто, натуральний капітал — це “капітал у природі”, який працює на економіку подібно до фізичного (машини, будівлі) чи людського (освіта, здоров’я) капіталу.

Структура натурального капіталу

Компонент	Приклади	Характеристика
Відновлювані ресурси	ліс, ґрунти, вода, біорізноманіття	здатні до самовідновлення
Невідновлювані ресурси	корисні копалини, нафта, газ	вичерпні, потребують обмеження
Екосистемні процеси	фотосинтез, колообіг азоту, регулювання гідрології	створюють “потік послуг”
Екосистеми	лісові, водно-болотні, річкові, агроландшафти	просторові носії послуг
Геопросторові активи	територія, рельєф, кліматичні умови	визначають потенціал послуг

Взаємозв'язок між екосистемними послугами та натуральним капіталом

- Між цими поняттями існує **динамічний зв'язок**:
- Натуральний *капітал (запас)* $\Rightarrow$ *Екосистемні процеси (функції)* $\Rightarrow$ *Екосистемні послуги (потік)* $\Rightarrow$ *Людське благополуччя (результат)*
- ◆ Якщо “запас” натурального капіталу зменшується (втрата лісів, деградація ґрунтів) — “потік послуг” теж скорочується.
 - ◆ Відновлення або збереження капіталу підвищує стійкість екосистем і якість життя.

Для інтеграції МСА/СВА з екологічною економікою використовують кількісну та грошову оцінку послуг

Метод	Суть	Приклад
Ринкова оцінка (Market pricing)	Використання цін ринку на ресурси	деревина, вода, біопаливо
Заміщення вартості (Replacement cost)	Скільки коштувало б замінити функцію природи технічними засобами	фільтрація води болотами vs. очисна станція
Транспорт витрат (Travel cost method)	Вартість, яку люди витрачають, щоб скористатися послугою	еко-туризм, рекреація
Узгоджена вартість (Hedonic pricing)	Різниця у вартості житла біля чистих водойм або парків	екологічна премія до вартості
Умовна оцінка (Contingent valuation)	Опитування “скільки ви готові заплатити за збереження природи”	WTP (Willingness To Pay)
Біофізичне моделювання (InVEST, ARIES)	Моделювання потоків послуг у просторі	очищення води, збереження ґрунтів

Інтеграція екосистемних послуг у МСА/СВА

- У **МСА** екосистемні послуги можуть виступати як **екологічні критерії** оцінки альтернатив.
 - ◆ *Приклад:* “збереження водоочисної здатності боліт” з вагою 0.4.
- У **СВА** — як **економічні вигоди**, що мають грошовий еквівалент.
 - ◆ *Приклад:* “очищення води природними фільтрами” економить 3 млн грн/рік — додається як benefit.
- Таким чином, **поєднання МСА і СВА** дозволяє врахувати як кількісні, так і нематеріальні (культурні, екологічні) вигоди.

Значення екосистемних послуг і натурального капіталу для екологічної політики

Формують **основу природно-ресурсного обліку** (Natural Capital Accounting – NCA).

Лягають в основу **Європейської стратегії** біорізноманіття до **2030** року.

Забезпечують обґрунтування “зелених інвестицій” і проектів **Nature-Based Solutions (NBS)**.

Сприяють **внутрішній монетизації** природних благ — для фінансування охорони довкілля.

Дають інструмент оцінки **реальних втрат** від деградації екосистем (наприклад, вирубки лісів, осушення боліт).