

Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів з дисципліни «Економіка природокористування»

1. Мета самостійної роботи

- Закріпити теоретичні знання, отримані під час лекцій.
- Розвинути навички аналізу економіко-екологічних процесів.
- Сформуванню вміння застосовувати економічні методи для оцінки стану природних ресурсів і результативності природоохоронних заходів.
- Підготувати студентів до практичного використання знань у сфері сталого розвитку.

2. Основні завдання

1. Засвоїти базові категорії та поняття курсу.
2. Навчитися працювати з науковою, нормативно-правовою та статистичною літературою.
3. Виконати індивідуальні завдання, що передбачають розрахунки економічних показників у сфері природокористування.
4. Сформуванню навички роботи з даними Держстату, Міністерства захисту довкілля, міжнародних організацій (UNEP, OECD, World Bank, EEA).
5. Підготувати реферативні й аналітичні роботи за темами курсу.

3. Форми самостійної роботи

- **Опрацювання лекційного матеріалу** – складання конспектів, тез.
- **Робота з літературою та інтернет-ресурсами** – пошук сучасних публікацій з економіки довкілля, аналіз міжнародного досвіду.
- **Розрахункові завдання** – визначення економічної оцінки природних ресурсів, обчислення збитків від забруднення, оцінка ефективності природоохоронних інвестицій.
- **Аналітичні есе та реферати** – наприклад: «Економіка та зміна клімату», «Екологічні податки як інструмент сталого розвитку».
- **Презентації та доповіді** – короткі виступи з актуальних проблем природокористування.
- **Тестові завдання** – перевірка рівня засвоєння матеріалу.

4. Орієнтовні теми для самостійного опрацювання

1. Теорія зовнішніх ефектів і механізми їх подолання.
2. Методи економічної оцінки природних ресурсів.
3. Природні ресурси України в системі світового господарства.
4. Екологічне ліцензування та експертиза у ЄС і в Україні.
5. Екологічна сертифікація та система ISO 14000.
6. Види та структура екологічних податків.
7. Методи визначення економічних збитків від забруднення.
8. Біорізноманіття як економічний ресурс.
9. Механізми платного природокористування в Україні.
10. Міжнародний досвід управління довкіллям (Німеччина, Швеція, Канада).

5. Види індивідуальних завдань

- написання реферату (10–15 сторінок) за однією із запропонованих тем;
- виконання розрахункових задач (за варіантами);
- складання аналітичної довідки на основі статистики (наприклад, «Викиди CO₂ в Україні за 2010–2023 рр.»);
- розробка презентації (7–10 слайдів) з пропозиціями для екологічної політики;
- підготовка міні-кейсу: «Раціональне використання природних ресурсів на прикладі мого регіону».

6. Критерії оцінювання самостійної роботи

- повнота розкриття теми (до 40% балів);
- правильність використання термінології та джерел (до 20% балів);
- наявність розрахунків, графіків, таблиць (до 20% балів);
- оригінальність та аналітичність висновків (до 10% балів);
- своєчасність виконання (до 10% балів).

Висновок:

Самостійна робота студентів з курсу «Економіка природокористування» є важливим елементом навчального процесу, що сприяє розвитку навичок наукового аналізу, формує практичні компетентності й забезпечує підготовку до майбутньої професійної діяльності у сфері екологічної економіки.

Економічні збитки від забруднення атмосферного повітря (місто)

Дано:

- Населення міста: 520 тис. осіб.
- Сумарні викиди ТСП (тонкодисперсний пил PM_{10}): 2 400 т/рік.
- Еластичність захворюваності від PM_{10} : 0,12 випадку на 1 000 осіб на кожні 10 $мкг/м^3$.
- Середня додаткова концентрація PM_{10} : +12 $мкг/м^3$.
- Середня вартість лікування 1 випадку (амбулаторно+втрата продуктивності): 5 200 грн.
- Втрати продуктивності на 1 випадок (включено у 5 200 грн).

Завдання:

1. Оцінити додаткову кількість випадків захворюваності на рік.
2. Розрахувати прямі економічні збитки (грн/рік).

Підказка/формула:

Додаткові випадки = Населення/1000 \times (Еластичність \times Δ конц./10).

Збитки = Додаткові випадки \times 5 200 грн.

Формат відповіді: короткий розрахунок + підсумок у грн/рік.

2) Плата за викиди (спрощена модель «забруднювач платить»)

Дано:

- Підприємство викидає: SO_2 — 180 т/рік, NO_x — 140 т/рік.
- Ставка плати: SO_2 — 1 300 грн/т; NO_x — 1 500 грн/т.
- Понижуючий коефіцієнт за виконання ГДВ: 0,85 (обидві речовини в межах дозволів).

Завдання:

Розрахувати річну суму платежів за викиди.

Формула:

Платіж = \sum (Маса_i \times Ставка_i \times 0,85).

Формат: деталізація по кожному забруднювачу + загальна сума.

3) Очисні споруди для стічних вод: CBA, NPV, IRR

Дано:

- Інвествитрати (CapEx) у рік 0: 18 млн грн.
- Операційні витрати (OpEx): 2,1 млн грн/рік (з 1-го року).
- Зекономлені платежі за скиди + уникнені штрафи: 4,6 млн грн/рік.
- Горизонт: 12 років; залишкова вартість = 0.
- Дисконтна ставка: 12% річних.

Завдання:

1. Побудувати грошові потоки (−18 млн у 0-му; далі + (4,6−2,1)=+2,5 млн щороку 1–12).
2. Обчислити NPV, IRR, Payback (проста й дисконтована).
3. Зробити висновок щодо доцільності.

Формули: стандартні для NPV/IRR/Payback.

Формат: таблиця грошових потоків + NPV/IRR/PP + висновок.

4) Амортизація екологічного обладнання

Дано:

- Вартість фільтрації димових газів: 6 500 000 грн.
- Ліквідаційна (залишкова) вартість: 200 000 грн.
- Строк служби: 8 років.
- Метод: прямолінійний.

Завдання:

1. Річна амортизація.
2. Накопичена амортизація та балансова вартість на кінець 5-го року.

Формули:

$A_r = (\text{Вартість} - \text{Залишкова}) / \text{Строк};$

Балансова = Вартість – Накопичена.

Формат: коротка таблиця 1–8 років.

5) Земельна рента та грошова оцінка землі

Дано:

- Середній чистий дохід з 1 га ріллі: 13 800 грн/рік.
- Альтернатива (депозит): 10% річних.
- Площа ділянки: 42 га.

Завдання:

1. Капіталізувати ренту в ціну землі за 1 га.
2. Оцінити вартість усієї ділянки.

Формули:

Ціна 1 га = Рента / r ; Вартість ділянки = Ціна 1 га \times Площа.

Формат: цифри + 1–2 речення висновку.

6) Лісові ресурси: змішана оцінка (деревина + рекреація)

Дано:

- Середня вартість деревини з 1 га: 28 000 грн/рік.
- Рекреаційний дохід (квитки, послуги): 9 500 грн/га/рік.
- Охорона і догляд: 7 000 грн/га/рік.
- Площа: 650 га.
- Дисконт: 11%, горизонт 10 років, без залишкової.

Завдання:

1. Розрахувати чистий щорічний грошовий потік на 1 га.
2. Обчислити NPV на 1 га та на всю площу (ануїтетна модель).
3. Коротко інтерпретувати результат (економічний сенс рекреації).

Підказка: $CF = 28\,000 + 9\,500 - 7\,000 = ?$ грн/га/рік.

$NPV = CF \times (1 - (1 + r)^{-n}) / r.$

7) Рентні платежі за користування надрами (спрощено)

Дано:

- Видобуток корисної копалини: 120 тис. т/рік.
- Ціна реалізації: 520 грн/т.
- Витрати видобутку: 390 грн/т.
- Ставка ренти: 10% від (Ціна – Витрати) × Обсяг.
- Коефіцієнт глибини: 1,15 (складні умови — застосовується до рентної бази).

Завдання:

Обчислити річний рентний платіж.

Формула:

$$\text{База} = (\text{Ц} - \text{В}) \times \text{Обсяг} \times 1,15;$$

$$\text{Рента} = 10\% \times \text{База}.$$

8) Економічні збитки від деградації ґрунтів (агросектор)

Дано:

- Площа ріллі: 18 000 га.
- Середнє зниження врожайності: 0,4 т/га (пшениця).
- Ціна пшениці: 7 000 грн/т.
- Додаткові витрати на рекультивуацію: 600 грн/га/рік (на 40% площі).

Завдання:

1. Втрачений дохід від недоотриманого врожаю.
2. Додаткові витрати на рекультивуацію.
3. Загальні економічні збитки/рік.

Формули:

$$\text{Втрати врожаю} = \text{Площа} \times \Delta \text{урожаю} \times \text{Ціна};$$

$$\text{Рекультивуація} = (\text{Площа} \times 0,4) \times 600.$$

9) Виробнича потужність і чисельність персоналу (екопідрозділ)

Дано:

- Очисна лінія пропускною здатністю 48 тис. м³/добу.
- Коефіцієнт використання часу: 0,85; простої 5%.
- Плановий режим: 350 діб/рік.
- Норма обслуговування: 1 оператор на 6 тис. м³/добу фактичної потужності.
- Коефіцієнт змінності: 2 зміни.

Завдання:

1. Розрахувати фактичну добову потужність.
2. Визначити потрібну чисельність операторів (округлити у більшу сторону).

Формули:

$$P_{\text{факт}} = 48\,000 \times 0,85 \times (1 - 0,05);$$

Оператори/зміну = $R_{\text{факт}} / 6\,000$;
Усього = $\times 2$ зміни.

10) «Pigouvian tax» (екологічний податок) за тіньовою ціною шкоди

Дано:

- Гранична тіньова шкода від 1 т викидів: 3 400 грн/т.
- Обсяг викидів підприємства: 900 т/рік.
- Впровадження податку веде до скорочення викидів на 22%.

Завдання:

1. Розрахувати величину податку/рік до та після скорочення (у припущенні, що ставка = тіньова шкода/т).
2. Оцінити економічний ефект для суспільства (зменшення зовнішніх збитків).

Формули:

Податок = Ставка \times Обсяг;

Зовнішні збитки \approx Ставка \times Обсяг;

Ефект = $\Delta(\text{збитки}) = \text{Ставка} \times (\Delta\text{обсяг})$.

11) Вартість відверненого збитку (очищення газів)

Дано:

- Без фільтра: 1 600 т пилу/рік; з фільтром — 480 т/рік.
- Тіньова вартість збитку від 1 т пилу: 2 900 грн/т.
- Річні витрати на фільтрацію (OpEx): 2,2 млн грн.

Завдання:

1. Обчислити відвернений збиток (грн/рік).
2. Порівняти з OpEx; зробити висновок (лише за річним зрізом).
3. Додатково: якщо фільтр коштує 9,5 млн грн і служить 7 років (без дисконтів), порахувати «просту окупність».

Формули:

Відвернений збиток = $(1\,600 - 480) \times 2\,900$.

Payback \approx CapEx / (Відвернений збиток – OpEx).

12) Проект створення рекреаційної зони (біорізноманіття + туризм)

Дано:

- Інвестиції (рік 0): 24 млн грн.
- Дохід від рекреації: 6,2 млн грн/рік.
- Витрати на утримання та охорону: 2,1 млн грн/рік.
- Додаткові позитивні зовнішні ефекти (екосистемні послуги, оцінені експертно): 1,4 млн грн/рік.
- Горизонт: 15 років; $r = 10\%$.

Завдання:

1. Побудувати щорічний чистий потік = $6,2 - 2,1 + 1,4 = ?$ млн грн/рік.

2. Обчислити NPV (ануїтет), врахувавши інвестиції в 0-му році.
3. Зробити висновок щодо доцільності з позиції суспільного добробуту.

Підказка:

$$NPV = -24 + CF \times (1 - (1+r)^{-15})/r.$$

Рекомендований формат оформлення для всіх завдань

1. **Мета розрахунку** (1–2 речення).
2. **Вихідні дані** (таблиця/список).
3. **Методика** (формули, припущення).
4. **Розрахунки** (по кроках).
5. **Результати** (таблиця/підсумок).
6. **Висновки** (коротко: економічний зміст, чутливість до параметрів).

Практичні завдання з курсу «Економіка природокористування»

1. Теоретичні основи

- **Завдання:** скласти схему «Людина – виробництво – природа» із відображенням позитивних і негативних зв'язків. Додати приклади екстерналій у своєму регіоні.

2. Оцінка природних ресурсів

- **Завдання:** розрахувати економічну оцінку 1 га сільськогосподарської землі, якщо відомі: чистий дохід з 1 га, орендна ставка, норма капіталізації.
- **Формат:** таблиця розрахунків + короткий висновок.

3. Водні ресурси

- **Завдання:** визначити вартість води для промислового підприємства, якщо воно споживає 500 тис. м³/рік при нормативній платі 2,5 грн/м³. Порахувати суму економії при зниженні споживання на 15%.

4. Лісові ресурси

- **Завдання:** оцінити економічний ефект від рекреаційного використання лісу (наприклад, база відпочинку) за формулою: Кількість відвідувачів × Середній платіж.

5. Енергетичні ресурси

- **Завдання:** скласти порівняльну таблицю «Вугільна ТЕС vs. Сонячна електростанція» за критеріями: капітальні витрати, собівартість енергії, екологічні витрати, термін окупності.

6. Екологічне ліцензування

- **Завдання:** знайти в законодавстві України перелік видів діяльності, що потребують екологічної ліцензії. Представити у вигляді схеми.

7. Екологічне нормування

- **Завдання:** скласти таблицю «Гранично допустимі концентрації (ГДК)» для 5 забруднювачів повітря (SO₂, NO_x, пил, СО, бензапірен). Визначити, які з них найнебезпечніші для здоров'я.

8. Екологічна сертифікація

- **Завдання:** дослідити приклади українських компаній із сертифікацією ISO 14001. Оцінити, які економічні вигоди вони отримують (зростання експорту, довіра клієнтів).

9. Капітальне будівництво

- **Завдання:** обчислити кошторисну вартість будівництва очисної станції, якщо: вартість обладнання – 15 млн грн, будівельні роботи – 9 млн грн, проектування – 10% від загальної вартості.

10. Основні фонди

- **Завдання:** розрахувати річну амортизацію екологічного обладнання (вартість 2 млн грн, ліквідаційна – 100 тис. грн, строк служби – 5 років).

11. Техніко-технологічна база

- **Завдання:** визначити виробничу потужність підприємства, якщо наявне обладнання може випускати 100 т продукції/добу, коефіцієнт використання – 0,8, режим роботи – 300 діб/рік.

12. Ефективність природоохоронних заходів

- **Завдання:** порівняти витрати на будівництво очисних споруд (10 млн грн) і уникнені платежі за забруднення (2,5 млн грн/рік). Визначити термін окупності.

13. Економічні збитки

- **Завдання:** оцінити збитки від забруднення ґрунтів, якщо втрачено 0,3 т/га врожаю пшениці на площі 4 000 га при ціні 7 500 грн/т.

Приклади розрахунків

1) Теоретичні основи (схема «Людина – виробництво – природа»)

Приклад розв'язку (структура):

- Побудувати причинно-наслідкову діаграму (стрілки +/-).
 - Приклади екстерналій регіону:
 - «-» викиди ТЕЦ → погіршення якості повітря → захворюваність.
 - «+» рекультивация кар'єру → відновлення ґрунтів → рекреація.
- Висновок:** коротко окреслити 2–3 вузли регулювання (податки на забруднення, субсидії на фільтри, стандарти).

2) Оцінка природних ресурсів (земля)

Дано: чистий дохід з 1 га = D , норма капіталізації r (наприклад, 10%), площа S .

Формули: Ціна 1 га = D/r ; Вартість ділянки = Ціна 1 га \times S .

Числовий приклад: $D=13,800$; $r=0.10$; $S=42$ га.

- Ціна 1 га = $13,800/0.10=138,000$ грн.
- Вартість ділянки = $138,000 \times 42=5,796,000$ грн.
- **Висновок:** грошова оцінка 42 га \approx **5,796 млн грн.**

3) Водні ресурси (вартість і економія)

Дано: споживання 500 тис. м³/рік; ставка 2,5 грн/м³; зменшення на 15%.

- Поточна плата = $500,000 \times 2.5=1,250,000$ грн/рік.
- Нове споживання = $500,000 \times 0.85=425,000$ м³.
- Нова плата = $425,000 \times 2.5=1,062,500$ грн.
- **Економія** = $1,250,000 - 1,062,500 = 187,500$ грн/рік.

4) Лісові ресурси (рекреаційний ефект)

Дано: 28 тис. відвідувачів/рік; середній платіж 90 грн.

- Дохід = $28,000 \times 90=2,520,000$ грн/рік.
- **Висновок:** прямий рекреаційний ефект \approx **2,52 млн грн/рік** (не враховуючи мультиплікатор місцевих витрат).

5) Енергетичні ресурси (порівняння ТЕС vs СЕС)

Шаблон прикладу-резюме (фрагмент):

- **Капвкладення:** ТЕС — умовно 900 \$/кВт; СЕС — 800–1,000 \$/кВт.
- **LSOE (концептуально):** ТЕС — вище за рахунок палива та вуглецевих платежів; СЕС — нижче OPEX, але залежить від інсоляції.
- **Екологія:** ТЕС — CO₂, SO₂, NO_x; СЕС — мінімальні викиди в експлуатації.
- **Окупність:** моделювати через NPV/IRR з локальними тарифами.
Висновок: СЕС переважає за екологічними витратами та прогнозованістю операційних витрат.

6) Екологічне ліцензування (перелік)

Шаблон розв'язку:

- Скласти блок-схему: «Вид діяльності → Підстава (закон/постанова) → Орган дозволу».
- Приклади: спеціальне водокористування; розміщення відходів; видобування корисних копалин; викиди забруднюючих речовин стаціонарними джерелами (за дозволами).
Висновок: види діяльності з істотним впливом на довкілля підлягають обов'язковому дозвільному контролю.

7) Екологічне нормування (ГДК)

Шаблон таблиці (приклад):

SO₂, NO_x, пил (PM₁₀/PM_{2.5}), CO, бензапірен — вплив на дихальну/серцево-судинну систему.

Висновок: найвищий ризик здоров'ю — дрібнодисперсний пил і бензапірен (обґрунтувати літературними джерелами у реальній роботі).

8) Екологічна сертифікація (ISO 14001)

Приклад розв'язку: опис кейсу компанії (узагальнений):

- Витрати на впровадження ≈ X грн; вигоди: доступ до тендерів, експорт, скорочення витрат ресурсів на Y%.

Висновок: ISO 14001 підвищує ринкову довіру й дисциплінує екоуправління.

9) Капітальне будівництво (кошторис)

Дано: обладнання 15 млн; будівельні 9 млн; проектування = 10% від суми.

- База = $15 + 9 = 24$ млн грн.
- Проектування = $24 \times 0.10 = 2.4$ млн грн.
- **Загальна кошторисна вартість = $24 + 2.4 = 26.4$ млн грн.**

10) Основні фонди (амортизація)

Дано: вартість 2,000,000; ліквідаційна 100,000; строк 5 р.; метод — прямолінійний.

- Амортизаційна база = $2,000,000 - 100,000 = 1,900,000$ грн.
- **Річна амортизація = $1,900,000 / 5 = 380,000$ грн.**

11) Техніко-технологічна база (виробнича потужність)

Дано: 100 т/добу; коефіцієнт використання = 0,8; 300 діб/рік.

- Добова фактична = $100 \times 0.8 = 80$ т/добу.
 - Річний випуск = $80 \times 300 = 24,000$ т/рік.
- Висновок: 24 тис. т/рік.**

12) Ефективність природоохоронних заходів (окупність)

Дано: CapEx 10 млн; уникнені платежі 2,5 млн/рік.

- Проста окупність = $10/2.5=410/2.5 = 410/2.5=4$ роки.
(Для повноти: врахувати ОрЕх/дисконт — у розширеній версії.)

13) Економічні збитки (грунти)

Дано: втрата 0,3 т/га; площа 4,000 га; ціна 7,500 грн/т.

- Втрата врожаю = $0.3 \times 4,000 = 1,200$ т.
- Збитки = $1,200 \times 7,500 = 9,000,000$ грн/рік.

14) Біорізноманіття (природно-заповідний фонд області)

Шаблон прикладу:

- Таблиця: «Об'єкт – Статус – Площа – Відвідувачі/рік – Оціночні надходження».
- Міні-підрахунок: Відвідувачі \times Середній платіж (вхід/послуги).

Приклад (умовно):

- НПП «Х»: 110 тис. відвідувачів; 80 грн \rightarrow 8,8 млн грн/рік.
- РЛП «У»: 35 тис.; 50 грн \rightarrow 1,75 млн грн/рік.

Висновок: сумарний прямий рекреаційний ефект + додаткові місцеві витрати (готелі/харчування).

15) Платне природокористування (лісові ресурси)

Дано: 2,500 кг; ставка 2,1 грн/кг.

- Плата = $2,500 \times 2.1 = 5,250$ грн.

16) Екологічні податки (CO₂)

Дано: 1,200 т/рік; ставка 30 грн/т; скорочення 25%.

- Поточна плата = $1,200 \times 30 = 36,000$ грн.
- Після скорочення: $900 \times 30 = 27,000$ грн.
- **Економія** = $9,000$ грн/рік.

17) Види відповідальності (таблиця-приклад)

Порушення	Вид відповідальності	Норми (приклад)
Незаконна рубка	Кримінальна/адмін.	ККУ ст. 246; КУпАП (відповідні статті)
Порушення правил пожежної безпеки в лісі	Адміністративна	КУпАП (штрафи), відшкодування збитків
Викиди без дозволу	Адміністративна/цивільно-правова	Штраф + відшкодування шкоди
Пошкодження земель (засмічення)	Адмін./цивільна/кримінальна (значна шкода)	Норми спецзаконів

Висновок: тип відповідальності залежить від розміру шкоди, умислу, повторності.

18) Менеджмент природного середовища (регіональна програма)

Шаблон прикладу-резюме (1 стор.):

- **Цілі:** зниження викидів $PM_{2.5}$ на 15% до 2028; збільшення переробки відходів до 35%.
- **Заходи:** модернізація котелень; нові сміттєсортувальні лінії; рекультивация полігону.
- **Бюджет і джерела:** обласний + держсубвенція + міжнародні гранти.
- **КРІ:** т/рік забруднювачів; частка переробки; кількість інцидентів.

- **Моніторинг:** щоквартальні звіти департаменту екології.
Висновок: подати 2–3 ризики (недофінансування, затримки закупівель) та план їх мінімізації.

19) Екологічна безпека (кейс області)

Шаблон прикладу:

- **Загрози:** забруднення повітря (ТЕЦ), вод (очисні споруди), деградація ґрунтів (ерозія).
- **Заходи:** фільтри, модернізація ОСК, лісосмуги, протиерозійні заходи.
- **Оцінка ефективності:** очікуване зниження викидів на X%, економія платежів Y грн/рік, приріст рекреації Z грн.
Висновок: карта пріоритетів (матриця «ефект–вартість»).

20) Міжнародний досвід (порівняння податків)

Шаблон таблиці-прикладу:

Інструмент	Україна	ЄС (узагальнено)	Висновок для адаптації
Податок на CO ₂	Низькі ставки, часткова сфера	Вищі ставки, ETS	Поступове підвищення ставок + розширення охоплення
Ресурсні платежі (вода, надра)	Є	Широкі, диференційовані	Гармонізація ставок, запобігання перехресним субсидіям
Плата за відходи	Є, нерівномірна практика	Ієрархія відходів, високі плати за захоронення	Підвищення плати за полігони, підтримка переробки

Додаткові розширені приклади розрахунків (із попереднього набору)

А) Збитки від забруднення повітря (місто)

Дано: населення 520 тис.; $\Delta PM_{10} = +12$ мкг/м³; еластичність 0,12 випадку/1000 осіб на +10 мкг/м³; вартість одного випадку 5,200 грн.

- Додаткові випадки = $520 \times (0.12 \times 1.2) = 74.88520 \times 12 = 74.88520 \times 12 = 74.88 \approx 75$ випадків.
- **Збитки** $\approx 74.88 \times 5,200 = 389,37674 \times 5,200 = 389,376$ грн/рік.

В) Плата за викиди SO₂/NO_x (з коеф. 0,85)

- SO₂: $180 \times 1,300 \times 0.85 = 198,900180 \times 1,300 \times 0.85 = 198,900$ грн.
- NO_x: $140 \times 1,500 \times 0.85 = 178,500140 \times 1,500 \times 0.85 = 178,500$ грн.
- **Разом** = **377,400** грн/рік.

С) Очисні споруди: NPV, IRR, Payback

Дано: -18 млн (0-й рік), CF = 4.6 - 2.1 = 2.54 - 2.1 = 2.5 млн/рік, 12 років, r=12%.

- Ануїтетний коеф. $\approx 6.195 \rightarrow PV = 2.5 \times 6.195 = 15.4925 \times 6.195 = 15.49$ млн.
- **NPV** = **15.49 - 18 = -2.51** млн (не окупується за 12 років при 12%).
- **IRR** $\approx 8.9\%$; **Payback (проста)** ≈ 7.2 р.; дисконтована окупність > 12 р.

Д) Амортизація фільтра (6.5 млн; лікв. 0.2; 8 р.)

- База = $6.5 - 0.2 = 6.365 - 0.2 = 6.3$ млн; **A_r** = **787,500** грн/рік.
- На кінець 5-го року: накопичена = $3.9375 = 3.9375$ млн; балансова = $2.5625 = 2.5625$ млн грн.

Е) Ліс (деревина+рекреація) — NPV

- CF/га = $28,000 + 9,500 - 7,000 = 30,50028,000 + 9,500 - 7,000 = 30,500$ грн/рік.
- r=11%, n=10 $\rightarrow AF \approx 5.888$.
- **NPV/га** $\approx 179,584$ грн; на **650 га** $\approx 116,73$ млн грн.

F) Рента за надра (з коеф. глибини)

- Маржа/т = $520 - 390 = 130$ грн; база = $130 \times 120,000 \times 1.15 = 17.94130 \times 120,000 \times 1.15 = 17.94$ млн.
- **Рента = 10% = 1.794 млн грн/рік.**

G) Деградація ґрунтів (агро)

- Втрати врожаю = $18,000 \times 0.4 = 7,200$ т; вартість = $7,200 \times 7,000 = 50.472$ млн.
- Рекультивация = $18,000 \times 0.4 \times 600 = 4.32$ млн.
- **Разом = 54.72 млн грн/рік.**

H) Потужність і персонал (очисна лінія)

- $R_{\text{факт}} = 48,000 \times 0.85 \times 0.95 = 38,760$ м³/добу.
- Оператори/зміну = $38,760 / 6,000 = 6.46 \Rightarrow 7$; у 2 зміни \rightarrow **14 операторів.**

I) «Pigouvian tax» (CO₂-екв., умовно)

- Ставка = 3,400 грн/т; до: $900 \times 3,400 = 3.069$ млн; після (-22%): $702 \times 3,400 = 2.3868702$ млн.
- **Зменшення зовнішніх збитків = $3,400 \times 198 = 673,200$ грн/рік.**

J) Вартість відверненого збитку (пил)

- Двикидів = $1,600 - 480 = 1,120$ т; шкода = $1,120 \times 2,900 = 3.24812$ млн.
- Net-ефект/рік = $3.248 - 2.2 = 1.0483248 - 2 = 1.0483248 - 2.2 = 1.048$ млн; CapEx 9.5 млн \rightarrow **Payback \approx 9.1 р.**

K) Рекреаційна зона (суспільний NPV)

- $CF = 6.2 - 2.1 + 1.4 = 5.5$ млн; $r = 10\%$, $n = 15$, $AF \approx 7.606$.

- $PV \text{ потоків} = 5.5 \times 7.606 = 41.835$ $\times 5 = 209.175$ млн; $NPV = 209.175 - 24 = 185.175$ млн \rightarrow проєкт доцільний.

Формат оцінювання (рекомендація)

- Коректність розрахунків — 40%
- Аргументація/висновки — 25%
- Візуалізації (таблиці/графіки) — 20%
- Оформлення і джерела — 15%