

РАЕW



Які основні парникові гази  
враховуються у кліматичній  
політиці (крім  $\text{CO}_2$ )?

У кліматичній політиці враховуються шість основних парникових газів (ПГ), які регулюються міжнародними угодами, зокрема Кіотським протоколом та Паризькою угодою.

- **Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>)**

Основне джерело: спалювання викопного палива (вугілля, нафта, газ), промислові процеси, вирубка лісів.

Частка в глобальному потеплінні: понад 75 % всіх викидів ПГ.

Роль у політиці: головний об'єкт декарбонізації (енергоефективність, ВДЕ, уловлення та зберігання CO<sub>2</sub>).

- **Метан (CH<sub>4</sub>)**

Основне джерело: сільське господарство (тваринництво), нафтогазова промисловість, звалища.

Глобальний потенціал потепління (GWP): у 28 разів вищий за CO<sub>2</sub> за 100 років.

Роль у політиці: зменшення викидів через контроль втрат газу, зміни в аграрному секторі, управління відходами.

- **Закис азоту (N<sub>2</sub>O)**

Основне джерело: використання азотних добрив, спалювання палива, стічні води.

GWP: у 265 разів вищий за CO<sub>2</sub>.

Роль у політиці: регулювання аграрного сектору, скорочення викидів в промисловості.

- **Гідрофторвуглеці (HFCs)**

Основне джерело: холодильники, кондиціонери, аерозолі.

GWP: від 100 до 12 000 разів вищий за CO<sub>2</sub>.

Роль у політиці: поступове вилучення згідно з Кігалійською поправкою до Монреальського протоколу.

- **Перфторвуглеці (PFCs)**

Основне джерело: алюмінієва промисловість, виробництво електроніки.

GWP: до 12 000 разів вищий за CO<sub>2</sub>.

Роль у політиці: обмеження використання в промисловості.

- **Гексафторид сірки (SF<sub>6</sub>)**

Основне джерело: електроенергетика (ізоляція обладнання), промислові процеси.

GWP: понад 23 000 разів вищий за CO<sub>2</sub>.

Роль у політиці: заміна альтернативними газами та технологіями.

**Ці гази є основними об'єктами кліматичної політики, і для кожного розробляються окремі стратегії скорочення викидів.**

Основний акцент робиться на CO<sub>2</sub>, але також активізуються заходи щодо скорочення метану, закису азоту та фторованих газів.

**РАЕВ**



Які природні та техногенні  
джерела викидів ПГ в  
Україні?

В Україні викиди парникових газів (ПГ) мають як природне, так і техногенне походження. Однак основним джерелом є техногенні викиди, які переважають у структурі національного балансу викидів.

- **Природні джерела викидів ПГ**

Хоча природні процеси викидають парникові гази в атмосферу, вони збалансовуються природним поглинанням, якщо не порушені антропогенним впливом.

**Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>)**

- Розкладання органічних речовин (гниття рослин, біомаси).
- Дихання рослин і тварин.
- Лісові пожежі (як природні, так і спричинені людиною).
- Вулканічна діяльність (малий внесок для України, оскільки активних вулканів немає).

**Метан (CH<sub>4</sub>)**

- Болота та торфовища – у процесі анаеробного розкладу органічної речовини.
- Розкладання органічних залишків у ґрунті.
- Жуйні тварини в дикій природі (хоча вплив менший, ніж у сільському господарстві).

**Закис азоту (N<sub>2</sub>O)**

- Природні мікробіологічні процеси у ґрунті та водоймах.
- Розкладання органічних матеріалів.



- **Техногенні (антропогенні) джерела викидів ПГ в Україні**

Україна є індустріальною країною, і більшість викидів ПГ походять від діяльності людини.

**Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) – понад 75 % всіх викидів**

- Енергетика (≈60 %) – спалювання вугілля, газу та нафтопродуктів для виробництва електроенергії та тепла (ТЕС, ТЕЦ, котельні).
- Транспорт (≈12 %) – автомобільний, залізничний, авіаційний транспорт.
- Промисловість (≈10 %) – цементні заводи, металургія, хімічне виробництво.
- Будівельний сектор – споживання енергії на опалення та кондиціонування.
- Зміна землекористування – вирубка лісів, осушення боліт (зменшує здатність екосистем поглинати CO<sub>2</sub>).

**Метан (CH<sub>4</sub>) – близько 15-20 % всіх викидів**

- Сільське господарство (≈40 % викидів CH<sub>4</sub>) – бродіння в шлунках худоби, обробка гною.
- Видобуток і транспортування газу та нафти (≈30 %) – витоки газу в системах транспортування та видобутку.
- Звалища (≈20 %) – біологічне розкладання органічних відходів.

**Закис азоту (N<sub>2</sub>O) – 6-8 % всіх викидів**

- Сільське господарство (≈80 %) – використання азотних добрив у рослинництві.
- Промисловість – хімічне виробництво, спалювання палива.
- Фторовані гази (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>) – 1-2 % викидів
- Охолоджувальне обладнання (кондиціонери, холодильники) – витоки фреонів.
- Електроенергетика – використання SF<sub>6</sub> в електричних трансформаторах.
- Виробництво алюмінію та мікроелектроніки.

**Основним джерелом парникових газів в Україні є енергетика, промисловість, транспорт та сільське господарство.**

Саме ці сектори є пріоритетними для декарбонізації, оскільки природні викиди зазвичай компенсуються екосистемами.

РАЕУ



Як відбувається  
моніторинг, звітність та  
верифікація (MRV) викидів  
в Україні?

Моніторинг, звітність та верифікація (MRV) викидів в Україні є частиною національної системи управління викидами парникових газів (ПГ) та відповідає вимогам міжнародних угод, зокрема Паризької угоди та Кіотського протоколу. Процес MRV включає три ключові компоненти:

- **Моніторинг**

Моніторинг викидів ПГ в Україні здійснюється на різних рівнях: на національному, регіональному та підприємницькому рівнях. Це включає:

- **Збір даних:** Організації, які здійснюють викиди ПГ, зобов'язані збирати дані про свої викиди. Це може включати вимірювання викидів безпосередньо або за допомогою калькуляцій, що базуються на споживаних енергоносіях, сировині або інших факторів.
- **Регіональні та національні дані:** На рівні держави проводиться збір даних про загальні викиди ПГ в країні, зокрема для таких секторів, як енергетика, промисловість, транспорт, сільське господарство та відходи.
- **Використання стандартів:** Для моніторингу використовуються міжнародні методики та стандарти, зокрема інтернаціональні методики, розроблені Міжурядовою групою експертів з зміни клімату (IPCC), відображені в законодавстві про МЗВ України.

- **Звітність**

Після збору даних про викиди, підприємства та організації зобов'язані подавати звіти про свої викиди в органи державного управління. Національна звітність включає:

- **Річні національні звіти:** Україна зобов'язана подавати річні національні звіти про викиди ПГ до Рамкової конвенції ООН з питань зміни клімату (UNFCCC). Ці звіти містять детальну інформацію про викиди національного рівня за різними секторами економіки.
- **Звітність на рівні підприємств:** Підприємства також зобов'язані подавати звіти про свої викиди ПГ до відповідних органів, зокрема в Міністерство екології та природних ресурсів України.

- **Верифікація**

Верифікація викидів є важливою складовою системи MRV, що забезпечує точність і достовірність поданих даних. Процес верифікації включає:

- **Незалежна перевірка:** Звітні дані перевіряються незалежними акредитованими організаціями або аудиторами, щоб підтвердити їх точність та відповідність встановленим вимогам.
- **Аудит на рівні підприємств:** Підприємства зобов'язані проходити аудит викидів для підтвердження правдивості та повноти даних, які вони подають до органів державної влади.
- **Публічна звітність та доступність інформації:** Верифіковані дані про викиди повинні бути доступними для громадськості, що забезпечує прозорість процесу.

Ого! І це вже обов'язково?!



РАЕВ



Чи є в Україні система торгівлі квотами на викиди (ETS)? Якщо ні — коли буде?

# РАЕW

В Україні наразі формується система торгівлі квотами на викиди (ETS — Emissions Trading System), але вона поки не є повною частиною європейської системи ETS, до якої приєдналися країни ЄС. Її створення активно готується і вже має законодавчу та інституційну базу, що є частиною її зобов'язань у рамках імплементації Угоди про асоціацію з ЄС.

## **Нормативно-правові акти, в положеннях яких закріплено зобов'язання щодо створення системи торгівлі викидами (СТВ) в Україні:**

- Угода про асоціацію між Україною та ЄС, ратифікована [Законом України від 16.09.2014 № 1678-VII](#).
- Національна економічна стратегія на період до 2030 року, затверджена [постановою Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 № 179](#).
- Стратегія формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року, схвалена [розпорядженням КМУ від 30.05.2024 № 483-р](#), а також операційний план заходів до неї.
- Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, розроблена на виконання відповідного положення Паризької угоди та подана до Секретаріату Рамкової конвенції ООН про зміну клімату у 2017 році. Ця стратегія передбачає впровадження СТВ як ринкового механізму, спрямованого на скорочення викидів парникових газів.
- План пріоритетних дій Уряду на 2024 рік, затверджений розпорядженням [КМУ від 16.02.2024 № 137](#). Пункт 424 цього плану передбачає:
  - «Розроблення та подання КМУ проєкту розпорядження КМУ про затвердження плану заходів щодо створення національної системи торгівлі квотами на викиди парникових газів».
- План України з реалізації ініціативи ЄС «Ukraine Facility», запровадженої Регламентом (ЄС) Європейського Парламенту та Ради від 29.02.2024 № 2024/792, затверджений [розпорядженням КМУ від 18.03.2024 № 244](#).

# РАЕW

## **Законодавча основа вже є:**

У 2021 році набрав чинності [Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» \(МЗВ\)](#).

Відповідно до нього визначені Урядом великі і середні промислові підприємства України зобов'язані готувати плани з моніторингу викидів парникових газів і затверджувати їх в Міндовкіллі. Щорічно підприємства повинні готувати звіти про викиди парникових газів, які будуть перевірятися незалежними верифікаторами відповідно до встановлених процедур та потім подаватися на затвердження в Міндовкілля.

**Впровадження системи МЗВ є першим кроком до впровадження ETS, оскільки визначає правила для моніторингу, звітності та верифікації (обов'язкові перед запуском торгівлі квотами).**

# РАЕУ

## Зараз відбувається удосконалення МЗВ-системи, повернуто обов'язкове звітування:

29 січня 2025 року Президент підписав прийнятий Верховною Радою України Закон про внесення змін до деяких [законодавчих актів України щодо відновлення моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів](#). Згідно розділу Закону II. Прикінцеві та перехідні положення п.2 пп2)» «Оператор має право не подавати звіт оператора за 2021, 2022 та 2023 звітні роки. За звітний 2024 рік оператор має право подати звіт оператора до кінця року, в якому цей Закон набирає чинності.» Відтак, операторам установок треба подати звіт за 2024 рік до 31 грудня 2025 року. Далі звітувати кожен рік до 31 березня року за звітним.

Підходи в МЗВ постійно удосконалюються. Так **в 2023 році були прийняті зміни до основних нормативних документів МЗВ**. Для покращення системи МЗВ, а також з урахуванням особливостей воєнного часу Кабінет Міністрів на засіданні 14 листопада ухвалив постанову № 1203, якою удосконалюються вимоги до моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів в Україні. Ця постанова вносить зміни в ПКМУ 880 «Перелік видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації», ПКМУ 959 «Порядок верифікації звіту оператора про викиди парникових газів, ПКМУ 960 «Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів».

[Постановою № 1203](#) було розширено перелік видів діяльності, які підпадатимуть під моніторинг. **Тепер сюди включено і виробництво скла з потужністю плавлення понад 20 тонн на добу.**

Йде підготовка національного реєстру викидів та формування бази даних.

# РАЕВ

## ETS передбачено на майбутнє:



- **Запуск в Україні ETS очікується орієнтовно з 2026 року.**

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України працює над розробкою правової та інституційної бази для запуску цієї системи, а також вивчає можливість інтеграції в європейську систему торгівлі квотами на викиди (EU ETS). За планами, система повинна бути запущена в 2026 році.

# РАЕW

## Чому це важливо?

ETS є економічним інструментом, який стимулює підприємства зменшувати викиди: хто викидає менше — може продавати квоти, а хто перевищує — повинен купувати.

Вона потрібна для адаптації до СВМ (вуглецевого мита ЄС), яке вже починає впливати на українських експортерів (сталь, цемент, добрива тощо).

РАЕУ



Як зміна  
землекористування (ліси,  
болота, с/г) впливає на  
рівень ПГ?

Зміна використання земель (включаючи вирубку лісів, осушення боліт, розорювання земель, урбанізацію) суттєво впливає на баланс парникових газів у атмосфері. Деякі види землекористування сприяють накопиченню CO<sub>2</sub>, а інші – його викиду.

## Основні зміни землекористування та їх вплив на ПГ

- **Вирубка та деградація лісів**

Викид CO<sub>2</sub> через спалювання або розкладання біомаси.

Зменшення поглинання CO<sub>2</sub> (менше дерев – менше фотосинтезу).

Зниження запасів вуглецю у ґрунті (ерозія, зменшення органічної речовини).

### Приклад:

Амазонія – через вирубку 1 млн га лісів виділяється до 0,5 Гт CO<sub>2</sub>/рік.

Україна – активна вирубка Карпат знижує вуглецевий потенціал регіону.

- **Осушення боліт та торфовищ**

Викиди CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O через окиснення органічного матеріалу.

Знищення природних «вуглецевих пасток» – болота можуть поглинати до 30 % CO<sub>2</sub> від усіх екосистем.

Посилення лісових пожеж – осушені торфовища легко загоряються, викидаючи величезну кількість CO<sub>2</sub>.

**Приклад:**

Індонезія – спалення торфовищ у 2015 році викинуло більше CO<sub>2</sub>, ніж вся економіка Німеччини.  
Полісся (Україна, Білорусь) – осушені торфовища виділяють ≈3 млн тонн CO<sub>2</sub> щороку.

- **Сільське господарство та розорювання земель**

Розорювання ґрунту вивільняє  $\text{CO}_2$ , що міститься у гумусі.

Внесення азотних добрив збільшує викиди  $\text{N}_2\text{O}$  – газу, що у 298 разів сильніший за  $\text{CO}_2$  у плані парникового ефекту.

Виробництво м'яса та молока – ферментація в шлунку корів виділяє метан ( $\text{CH}_4$ ).

**Приклад:**

Україна – сільське господарство дає  $\approx 12\%$  усіх викидів ПГ (за рахунок добрив і метану).  
ЄС – фермерство продукує  $10\%$  загальних викидів ПГ.

- **Урбанізація та інфраструктурний розвиток**

Будівництво витісняє природні поглиначі CO<sub>2</sub> (ліси, луки, болота).

Бетон і асфальт утримують тепло, сприяючи локальному потеплінню.

Збільшення транспортних і промислових викидів.

**Приклад:**

Китай – через урбанізацію за 30 років втратив ≈20 % лісів.

США – урбанізовані території виділяють CO<sub>2</sub> в 10 разів більше, ніж природні зони.

## Як землекористування може допомогти скоротити викиди ПГ?

Відновлення лісів – дозволяє зберігати до 2,6 Гт CO<sub>2</sub> на рік.

Регенерація боліт – запобігає викидам CO<sub>2</sub> та поглинає CH<sub>4</sub>.

Агролісомеліорація – посадка дерев у сільськогосподарських районах стабілізує ґрунт і вловлює CO<sub>2</sub>.

Перехід на органічне землеробство – знижує використання азотних добрив та зменшує викиди N<sub>2</sub>O.

### Висновок:

Зміна землекористування – це ключовий фактор впливу на глобальний баланс парникових газів.

Вирубка лісів, осушення боліт, сільське господарство та урбанізація можуть значно підвищити рівень CO<sub>2</sub>, а навпаки, відновлення природних екосистем – сприяти його поглинанню.

**РАЕВ**



Які механізми юридичної  
відповідальності існують  
за перевищення лімітів  
ПГ?

Сучасне європейське екологічне законодавство встановлює механізми контролю, санкцій і відповідальності для підприємств, що перевищують дозволені рівні викидів парникових газів. Відповідальність може бути адміністративною, фінансовою або кримінальною, залежно від рівня порушення.

## Основні механізми відповідальності

- **Фінансові санкції**

**Екологічні податки та штрафи.** Якщо підприємство перевищує встановлені ліміти, воно сплачує підвищений податок на CO<sub>2</sub> або штраф.

### Приклад:

В ЄС штраф 100 євро за кожну надлишкову тону CO<sub>2</sub>, якщо компанія не викупила квоти в рамках Європейської системи торгівлі викидами (ETS).

**Компенсаційні виплати (Polluter Pays Principle).** Витрати на екологічну шкоду (ліквідацію наслідків забруднення, екологічне відновлення).

- **Адміністративна відповідальність**

**Призупинення діяльності.** Якщо компанія систематично порушує ліміти ПГ, її можуть тимчасово закрити або заборонити роботу окремих установок.

**Анулювання екологічних дозволів.** Ліцензії на діяльність підприємства можуть бути відкликані або не продовжені.

- **Кримінальна відповідальність**

**Судове переслідування керівників компаній.** В деяких країнах перевищення викидів, що спричинило значну екологічну шкоду, може каратися тюремним ув'язненням.

**Приклад:**

В Німеччині та Франції можливе кримінальне переслідування за навмисне приховування реальних обсягів викидів.

**Позови від громадськості та екологічних організацій.** Громадськість або екологічні організації можуть подавати позови проти забруднювачів.

# РАЕW

## Як компанії можуть уникнути санкцій?

- ✓ Впроваджувати системи моніторингу, звітності та верифікації (MRV).
- ✓ Участь у ринках вуглецевих квот (ETS, CBAM, CORSIA).
- ✓ Використання чистих технологій (CCS, ВДЕ, енергоефективність).
- ✓ Співпраця з державними екологічними органами та аудиторами.

Юридична відповідальність за перевищення лімітів викидів ПГ є важливим механізмом контролю та стимулювання декарбонізації. Країни запроваджують штрафи, податки, обмеження діяльності та навіть кримінальне переслідування для порушників. Це мотивує бізнес впроваджувати екологічні технології та слідкувати за власними викидами.

**РАЕВ**



Яку роль відіграють  
екологічні податки, збори  
та СВММ у контексті  
декарбонізації?

Екологічні податки та механізм CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) – це разом з системою ETS - фінансові інструменти, які стимулюють компанії скорочувати викиди парникових газів (ПГ) і переходити на чисті технології. Вони впливають на економіку через подорожчання забруднюючих процесів та стимулювання інвестицій у декарбонізацію.

## Екологічні податки та збори

### Податок на викиди CO<sub>2</sub> (Carbon Tax)

- Встановлюється ставка за 1 тону CO<sub>2</sub>.
- Кошти використовуються для екологічних програм, відновлюваної енергетики.

#### Приклад:

Швеція – податок 137 євро/т CO<sub>2</sub>, що зменшило викиди на 27 % (1990–2018).

Україна – податок 30 грн/т CO<sub>2</sub> (один із найнижчих у світі).

## Податки на паливо (Fuel Taxes) та акцизи

- Оподатковують викопне паливо (вугілля, бензин, газ).
- Стимулюють енергоефективність і розвиток електротранспорту.

### Приклад:

Німеччина та Франція підвищили податки на дизель, що зменшило попит на автомобілі з ДВЗ.

## Плата за забруднення та викиди інших газів (Pollution Charges)

- Оподатковуються метан ( $\text{CH}_4$ ), оксиди азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), фторовані гази.
- Це важливо для сільського господарства, хімічної промисловості.

О ні!!!

РАЕВ



## **СВАМ – Вуглецевий коригуючий механізм ЄС**

### **Що таке СВАМ?**

З 2026 року ЄС вводить СВАМ – податок на імпорт продукції з великим вуглецевим слідом.

СВАМ охоплює сталь, цемент, добрива, електроенергію, алюміній.

Імпортери в ЄС мають купувати СВАМ-сертифікати, що відповідають обсягу CO<sub>2</sub>.

### **Вплив на країни з високими викидами**

- СВАМ стимулює зменшення CO<sub>2</sub> на виробництві.
- Країни, що експортують до ЄС (Україна, Китай, Індія), змушені впроваджувати декарбонізаційні технології.

## Як екологічні податки та СВМ сприяють декарбонізації?

- Збільшують вартість забруднення – стимулюють компанії скорочувати викиди.
- Фінансують зелену економіку – надходження використовуються на розвиток ВДЕ та модернізацію.
- Підвищують конкурентоспроможність низьковуглецевих технологій – стимулюють енергоефективність.
- Готують промисловість до «зеленого» переходу – зменшують ризики для експортерів.

Екологічні податки та СВМ є ключовими інструментами кліматичної політики. Вони змушують компанії зменшувати викиди, впроваджувати енергоефективні технології та переходити на відновлювані джерела енергії. Це робить економіку більш стійкою до майбутніх екологічних викликів.

**РАЕВ**



Які глобальні кліматичні ініціативи підтримують країни з економікою, що трансформується?

Країни з економікою, що трансформується (наприклад, Україна, Казахстан, ПАР, Індія) отримують підтримку через міжнародні кліматичні ініціативи, які сприяють декарбонізації, фінансуванню зелених проєктів та адаптації до змін клімату.

## Паризька угода (Paris Agreement, 2015)

Головна мета: утримання глобального потепління до 1,5–2°C.

Підтримка країн:

- Механізм «спільного впровадження» для обміну технологіями та фінансування.
- Фінансування Зеленим кліматичним фондом (GCF).
- Кожна країна розробляє Національно визначений внесок (NDC) зі скорочення викидів.

### Приклад:

Україна в рамках NDC-2 зобов'язалась скоротити викиди на 65 % до 2030 року (від рівня 1990 року).

## Програма ООН зі скорочення викидів (UNFCCC, NDC Partnership, REDD+)

- REDD+ (для збереження лісів і боротьби з вирубкою).
- NDC Partnership допомагає країнам розробляти політики декарбонізації.

### Приклад:

Грузія, В'єтнам та Колумбія отримують фінансування через REDD+ для захисту лісових екосистем.

## Фонд «Чисті технології» (Clean Technology Fund, CTF)

- Країни отримують пільгові кредити на розвиток чистої енергетики.
- Фінансуються проєкти сонячної, вітрової енергетики, енергоефективності.

### Приклад:

Казахстан – проєкти з відновлюваної енергетики.  
Україна – фінансування електротранспорту.

## Програма Just Energy Transition (JETP)

- Підтримує «справедливий перехід» від вугілля до чистої енергетики.
- Фінансування від G7, Світового банку, ЄС.

### Приклад:

ПАР отримала 8,5 млрд доларів для відмови від вугільної енергетики. Індонезія та В'єтнам уклали угоди для розвитку сонячної енергетики.

## Європейський зелений курс (EU Green Deal) і CBAM

- ЄС підтримує декарбонізацію в сусідніх країнах через Фонд справедливого переходу.
- CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) – вуглецевий податок на імпорт.

### Приклад:

Українські металургійні компанії змушені скорочувати викиди CO<sub>2</sub>, щоб зберегти експорт до ЄС.

## Фінансові механізми для кліматичних інвестицій

- Зелений кліматичний фонд (Green Climate Fund, GCF) – фінансування адаптаційних проєктів.
- Світовий банк (World Bank Climate Funds) – кредити та гранти на екологічні проєкти.
- Механізм розвитку чистої енергетики (CDM, Clean Development Mechanism).

### Приклад:

В Узбекистані реалізовано масштабний проєкт сонячних електростанцій за підтримки GCF.

## Ініціативи «Net Zero» та вуглецеві ринки

- Net Zero by 2050 (IEA, UN Net Zero Alliance) – країни отримують підтримку для розробки стратегій вуглецевої нейтральності.
- Вуглецеві ринки (Carbon Markets, Article 6 of Paris Agreement) – країни можуть продавати надлишкові квоти CO<sub>2</sub>.

### Приклад:

Україна бере участь у розробці національного ринку торгівлі квотами на викиди.

Країни з трансформаційною економікою отримують фінансування, технології та підтримку через глобальні кліматичні ініціативи. Це сприяє розвитку чистої енергетики, зниженню викидів CO<sub>2</sub> та адаптації до змін клімату, а також робить економіку більш стійкою до міжнародних екологічних вимог.

РАЕW



Які технології дозволяють  
зменшити або повністю  
уникнути викидів CO<sub>2</sub>?

# РАЕW

Сучасні технології скорочення викидів парникових газів розподіляються на три основні категорії: зменшення викидів, уловлення та зберігання CO<sub>2</sub> (CCS), та компенсація викидів (carbon offsetting).

## Технології зменшення або уникнення викидів CO<sub>2</sub>

### Відновлювані джерела енергії (ВДЕ)

Відмова від викопного палива на користь чистої енергії:

- Сонячні панелі (фотовольтаїка, CSP) – пряме виробництво електрики з сонця.
- Вітрові турбіни – ефективне рішення для енергетики, особливо офшорні вітропарки.
- Гідроенергетика – великі та малі ГЕС.
- Геотермальна енергетика – використання тепла Землі.
- Біоенергетика (BECCS – Bioenergy with CCS) – спалювання біомаси з одночасним уловленням CO<sub>2</sub>.

### Атомна енергетика

АЕС належать до низьковуглецевої енергетики з дуже малим рівнем викидів CO<sub>2</sub>. Однак експлуатація АЕС у країнах, де вони є, повинна здійснюватися за умов:

- постійного підвищення безпеки енергоблоків;
- контролю безпеки з боку ядерного регулятора, повністю незалежного від експлуатуючої організації АЕС.

# PAEW

## Декарбонізація промисловості

- Заміна викопного палива на низьковуглецеві технології у важкій промисловості (сталь, цемент, хімія):
- Воднева металургія – виробництво сталі з використанням «зеленого» водню замість вугілля.
- Електропечі – у цементній та металургійній галузях.
- Замінники цементу (LC3 – Limestone Calcined Clay Cement) – нові матеріали з меншим CO<sub>2</sub>.

## Воднева енергетика

- «Зелений» водень (H<sub>2</sub>) – виробництво шляхом електролізу води із застосуванням ВДЕ.
- Використання водню в транспорті, промисловості та енергетиці.

## Електротранспорт і декарбонізація транспорту

- Електромобілі (EV) – заміна ДВЗ на електричні двигуни.
- Водневі авто (FCEV) – використовують паливні елементи.
- Ефективний громадський транспорт – зниження споживання енергії.

## Енергоефективність і цифрові технології

- Розумні мережі (Smart Grids) – оптимізація використання енергії.
- Будівлі з нульовими викидами – пасивні будинки, теплоізоляція, відновлювальна енергія.
- Цифровізація виробництва – AI та IoT для оптимізації енергоспоживання.

# РАЕW

## Технології уловлювання та зберігання CO<sub>2</sub> (CCS, CCUS, DAC)

Коли уникнути викидів неможливо, застосовують технології уловлення та утилізації вуглекислого газу.

### **CCS (Carbon Capture and Storage) – уловлення і зберігання CO<sub>2</sub>**

- Вловлює CO<sub>2</sub> на заводах або електростанціях і зберігає під землею.
- Застосовується в цементній, хімічній промисловості та енергетиці.

### **CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) – уловлення, використання та зберігання CO<sub>2</sub>**

Використання уловленого CO<sub>2</sub> у промислових процесах (синтетичне паливо, пластики).  
Приклад – виробництво синтетичного гасу для авіації.

### **DAC (Direct Air Capture) – пряме уловлення CO<sub>2</sub> з повітря**

Очищення атмосфери шляхом вилучення CO<sub>2</sub> (Climeworks, Carbon Engineering).  
Перспективна, але дорога технологія.

# РАЕW

## Технології компенсації викидів (carbon offsetting)

Якщо викиди CO<sub>2</sub> не можна усунути, їх можна компенсувати через природні чи технологічні рішення.

### Лісовідновлення та природні методи

- Посадка лісів (reforestation, afforestation).
- Відновлення ґрунтів, боліт (вони поглинають більше CO<sub>2</sub>).

### Біоінженерія та технології негативних викидів

- Океанічне збагачення залізом (стимулює ріст водоростей, що поглинають CO<sub>2</sub>).
- Біовугілля (biochar) – зберігання вуглецю в ґрунтах.

**Зменшення викидів CO<sub>2</sub> можливе за рахунок перехід на чисту енергію, водневі технології, електротранспорт та підвищення енергоефективності.** Для промислових секторів, які складно декарбонізувати, використовуються CCS, DAC та природні методи. Найбільш ефективним є комплексний підхід із поєднанням всіх цих рішень.

**РАЕВ**



Що таке CCS/CCU  
(Carbon Capture and  
Storage/Utilization), і де їх  
уже впроваджують?

# РАЕW

CCS (Carbon Capture and Storage) і CCU (Carbon Capture and Utilization) – це технології, що дозволяють зменшити викиди CO<sub>2</sub>, уловлюючи його з промислових джерел або атмосфери та зберігаючи або використовуючи в різних галузях.

## Що таке CCS (Carbon Capture and Storage)?

CCS – це процес уловлення, транспортування та зберігання CO<sub>2</sub>, який інакше потрапив би в атмосферу.

### Основні етапи процесу CCS

- Уловлення CO<sub>2</sub> – відділення CO<sub>2</sub> від інших газів, які утворюються при спалюванні викопного палива або виробництві цементу, сталі.
- Транспортування – CO<sub>2</sub> передається через трубопроводи або в рідкому вигляді транспортується морськими танкерами.
- Зберігання – довготривале закачування CO<sub>2</sub> у геологічні формації, такі як виснажені нафтові та газові родовища або соляні резервуари.

# РАЕW

## Де вже застосовують CCS?

Світові лідери впровадження:

- Норвегія (проєкт Northern Lights, Longship) – перший у світі масштабний проєкт CCS для транспортування та зберігання CO<sub>2</sub> у Північному морі.
- США (Petra Nova, Illinois Industrial CCS) – уловлення CO<sub>2</sub> на ТЕС і зберігання в підземних пластах.
- Канада (Boundary Dam CCS, Alberta Carbon Trunk Line) – зменшення викидів у нафтовій і газовій промисловості.
- Велика Британія (Net Zero Teesside, Acorn CCS) – планується великий комплекс для декарбонізації індустріальних кластерів.
- Китай (Ordos CCS, Sinoprec CCS) – уловлення CO<sub>2</sub> на заводах з виробництва водню та вугільних електростанціях.

# PAEW

## Що таке CCU (Carbon Capture and Utilization)?

CCU – це технологія уловлення CO<sub>2</sub> з подальшим використанням його у виробництві нових продуктів.

### Як використовується CO<sub>2</sub> у CCU?

- Синтетичне паливо – CO<sub>2</sub> використовується у виробництві метанолу та авіаційного палива.
- Хімічна промисловість – отримання пластмас, добрив, вуглецевих нанотрубок.
- Будівельні матеріали – CO<sub>2</sub> додають у бетон, що робить його міцнішим (Carbicrete).
- Газовані напої та харчова промисловість – CO<sub>2</sub> використовується у виробництві безалкогольних напоїв та збереженні продуктів.

### Приклади CCU у світі

- Німеччина (Covestro, BASF) – виробництво пластмас з уловленого CO<sub>2</sub>.
- Ісландія (Climeworks, Carbfix) – перетворення CO<sub>2</sub> у мінерали для постійного зберігання.
- США (LanzaTech, Twelve) – виробництво синтетичного палива та хімічних речовин із CO<sub>2</sub>.

**CCS та CCU – це ключові технології для декарбонізації важкої промисловості, енергетики та транспорту.** Вони вже активно розгортаються в розвинених країнах, і їхній розвиток буде залежати від зниження вартості технологій та політичної підтримки.

**РАЕВ**



Як оптимізувати  
енергоспоживання на  
виробництві для  
зменшення викидів ПГ?

# PAEW

Оптимізація енергоспоживання на виробництві зменшує викиди парникових газів (ПГ) і знижує витрати на електроенергію. Основні напрямки: енергоефективні технології, автоматизація, відновлювані джерела енергії та управління ресурсами.

## Підвищення енергоефективності обладнання

### Використання енергоефективних двигунів і обладнання

- Перехід на електродвигуни класу IE3 або IE4 (зменшують споживання енергії до 30 %).
- Використання частотно-регульованих приводів (VFD) для насосів і вентиляторів.
- Заміна старих компресорів на енергоефективні моделі з контролем тиску.

### Оптимізація системи освітлення

- Використання LED-ламп (споживають у 5 разів менше електроенергії, ніж лампи розжарювання).
- Встановлення датчиків руху та розумних систем управління освітленням.

### Поліпшення теплоізоляції

- Ізоляція паропроводів, резервуарів і теплотрас для зниження втрат тепла.
- Використання відновлення тепла (heat recovery systems) у котлах, печах, компресорах.

# РАЕУ

## Автоматизація та цифрові технології

### Впровадження систем енергоменеджменту (EMS)

- Використання SCADA-систем для моніторингу та управління енергоспоживанням у режимі реального часу.
- Аналіз даних з допомогою штучного інтелекту (AI) та IoT для прогнозування та зменшення пікових навантажень.

### Інтелектуальне управління енергоспоживанням

- Використання «розумних» мереж (Smart Grid) для оптимального розподілу енергії.
- Автоматичне регулювання температури, вологості та вентиляції у виробничих приміщеннях.

# РАЕУ

## Перехід на відновлювані джерела енергії (ВДЕ)

### Використання сонячної та вітрової енергетики

- Встановлення сонячних панелей на дахах заводів.
- Використання локальних вітрових турбін для забезпечення електроенергією підприємства.

### Біоенергетика та утилізація відходів

- Використання біогазових станцій для переробки органічних відходів.
- Спалювання промислових відходів із рекуперацією тепла.

# РАЕW

## Оптимізація виробничих процесів

### Зменшення простоїв і втрат енергії

- Впровадження Lean Manufacturing та «Шість сигм» для скорочення втрат ресурсів.
- Використання енергоефективних графіків роботи для зниження споживання в години пікового навантаження.

### Рециклінг і повторне використання енергії

- Використання теплових насосів для вторинного використання відпрацьованого тепла.
- Переробка та повторне використання сировини (наприклад, металобрухту, пластмас).

### Оптимізація енергоспоживання потребує комплексного підходу:

- Впровадження енергоефективних технологій та обладнання.
- Використання автоматизованих систем контролю та управління.
- Перехід на відновлювану енергетику та утилізацію відходів.

Такі заходи зменшують викиди парникових газів, знижують витрати на електроенергію та підвищують екологічну відповідальність підприємства.

**РАЕВ**



Як вимірюється  
«вуглецевий слід»  
продукту, і хто за це  
відповідає на підприємстві?

«Вуглецевий слід» продукту – це сумарна кількість парникових газів (ПГ), що утворюються протягом життєвого циклу товару (від виробництва сировини до утилізації). Вимірюється в еквіваленті CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e) згідно з міжнародними стандартами.

## Методика розрахунку вуглецевого сліду

### Етапи аналізу життєвого циклу (LCA – Life Cycle Assessment)

- Видобуток і постачання сировини – скільки ПГ утворюється при виробництві матеріалів.
- Виробництво – енергоспоживання, промислові процеси, викиди CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.
- Логістика – транспорт, пакування, зберігання.
- Експлуатація – енерговитрати на використання товару.
- Утилізація та переробка – емісія ПГ при розкладанні, спалюванні або вторинному використанні.

### Ключові методи оцінки

- GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) – основний міжнародний стандарт.
- ISO 14067 – стандарт для розрахунку вуглецевого сліду продукту.
- PAS 2050 (British Standard) – специфікація для оцінки життєвого циклу.

### Джерела даних

- Реальні вимірювання споживання енергії, видобутку і постачання сировини та викидів.
- Бази даних з коефіцієнтами викидів (IPCC, ecoinvent, GaBi, SimaPro).
- Постачальники сировини (екологічні сертифікати, "вуглецеві паспорти" матеріалів).

# Хто відповідає за вимірювання на підприємстві?

## Основні відповідальні підрозділи

- Відділ екології та сталого розвитку – координує процес розрахунку.
- Метрологи – відповідають за точність вимірів та відповідність законодавству про метрологію
- Технологи - збирають виробничі дані та дані про промислові процеси
- Енергоменеджери – збирають дані про енергоспоживання та ефективність.
- Логістичний відділ – надає інформацію про транспортування.
- Фінансовий відділ – розраховує економічні аспекти вуглецевого сліду.
- Відділ якості – контролює відповідність стандартам (ISO 14067, PAS 2050).

## Зовнішні учасники

- Верифікаційні компанії – проводять аудит розрахунків.
- Державні екологічні органи – перевіряють відповідність законодавству.
- Клієнти та інвестори – вимагають прозорості щодо екологічного впливу.

А ну, давайте  
розберемо!

РАEW



## Як використовується інформація про вуглецевий слід?

- Сертифікація та екологічне маркування (CarbonNeutral, EPD – Environmental Product Declaration).
- Оптимізація процесів для зменшення викидів.
- Маркетингові цілі – підвищення привабливості екопродукції.
- Компенсація викидів (участь у програмах вуглецевої нейтральності).

**Розрахунок вуглецевого сліду продукту вимагає комплексного підходу із залученням внутрішніх підрозділів підприємства та незалежних аудиторів.** Це не тільки допомагає скоротити викиди, а й покращує екологічний імідж компанії та її конкурентоспроможність на ринку.

**РАЕВ**



Як декарбонізація впливає  
на технічну модернізацію  
виробничих процесів?

Декарбонізація — це процес зменшення викидів вуглецю (переважно CO<sub>2</sub>) в атмосферу, і вона суттєво впливає на технічну модернізацію виробничих процесів у кілька ключових способів:

## ✓ **Запровадження енергоефективних технологій**

Підприємства переходять на обладнання, яке споживає менше енергії або ефективніше її використовує. Це стимулює модернізацію застарілих виробничих ліній, систем вентиляції, обігріву, освітлення тощо.

## ✓ **Впровадження відновлюваних джерел енергії**

Для зниження залежності від викопного палива підприємства інтегрують у виробництво сонячну, вітрову, геотермальну енергію або біомасу. Це потребує оновлення енергетичної інфраструктури.

## ✓ **Автоматизація та цифровізація**

Декарбонізація стимулює впровадження «розумного виробництва» — IoT, великих даних, штучного інтелекту — щоб оптимізувати витрати енергії та зменшити втрати ресурсів.

## ✓ Інноваційні матеріали та технології

Розробляються нові матеріали з меншою вуглецевою складовою, що потребує модернізації технологій їх обробки чи виробництва (наприклад, зелена сталь, біопластики).

## ✓ Зміна логістичних і виробничих ланцюгів

Переосмислення розташування виробництва та ланцюгів постачання для зменшення транспортування і, відповідно, викидів, часто пов'язане з оновленням виробничих стратегій і технологій.

**Декарбонізація — не лише екологічна вимога, а й сильний рушій технічного прогресу,** який стимулює оновлення обладнання, цифрову трансформацію та інновації у виробництві.

**РАЕУ**



## **ДОБІРКА до теми —**

Парникові гази та декарбонізація:  
виклики та перспективи



## Статті та аналітика

- **«Carbon Border Adjustment Mechanism explained»**

*(European Commission, 2023)*

[ec.europa.eu](https://ec.europa.eu) — офіційна інформація щодо СВМ, що безпосередньо впливає на український експорт

- **«Декарбонізація України: сценарії і виклики»**

*(Ukrainian Climate Office)*

Аналітика щодо дорожньої карти скорочення викидів до 2050 року

- **IPCC Climate Change 2023: Synthesis Report**

*(Міжурядова група експертів з питань зміни клімату)*

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr>



## Відео та лекції

- **TED Talks: «The case for declaring a global climate emergency» – Greta Thunberg**  
[YouTube](#)
- **Документальний серіал: «Our Planet» (Netflix)**  
*Наглядно показує вплив парникових газів на біорізноманіття*
- **«Before the Flood» (2016, National Geographic)**  
*Фільм Леонардо Ді Капріо про кліматичну кризу та політичну бездіяльність*
- **Лекція: «Вуглецевий слід: як ми впливаємо на планету?»**  
*Проект «Наукові пікніки» в Україні*  
[YouTube](#)



## Книги (опціонально)

- **«The Sixth Extinction» – Elizabeth Kolbert**

*Про зв'язок між діяльністю людини, парниковими газами та вимиранням видів*

- **«How to Avoid a Climate Disaster» – Bill Gates**

*Практичні стратегії декарбонізації*

**РАЕВ**



**ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ до теми —**  
Парникові гази та декарбонізація:  
виклики та перспективи

# РАЕW



**Парникові гази (ПГ)** — гази в атмосфері, що утримують тепло, спричиняючи парниковий ефект. Найпоширеніші: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, F-подібні гази.



**Декарбонізація** — сукупність дій для зменшення або усунення викидів вуглецю (передусім CO<sub>2</sub>) у виробництві, транспорті, енергетиці тощо.



**Кліматична нейтральність** — баланс між викидами парникових газів і їх поглинанням (наприклад, лісами або технологіями).



**Вуглецевий слід** — загальний обсяг ПГ, прямо або опосередковано пов'язаних із діяльністю особи, підприємства, продукту.



**Викиди CO<sub>2</sub>-еквіваленту** — стандартизоване вимірювання, яке дозволяє порівнювати вплив різних ПГ через призму глобального потепління.

# РАЕУ



**Вуглецеве ціноутворення** — економічний механізм стимулювання зменшення викидів шляхом встановлення вартості за кожну тону CO<sub>2</sub>.



**Система торгівлі викидами (ETS)** — механізм, у якому підприємства можуть купувати та продавати дозволи на викиди ПГ.



**СВАМ (Carbon Border Adjustment Mechanism)** — механізм вуглецевого коригування на кордоні ЄС, що зобов'язує імпортерів платити за вуглецевий вміст продукції.



**Кліматична політика** — сукупність державних та міждержавних стратегій, що спрямовані на боротьбу зі змінами клімату.



**Низьковуглецева економіка** — модель розвитку, яка передбачає мінімізацію викидів парникових газів при зростанні добробуту.



**Кліматичне фінансування** — фінансові ресурси, спрямовані на підтримку кліматичних проєктів, адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату.

# РАЕW



**NETs (Negative Emissions Technologies)** — технології, що поглинають вуглекислий газ із атмосфери (наприклад, пряме уловлювання CO<sub>2</sub>, біоенергетика з уловлюванням).

**Зелений водень** — водень, отриманий з використанням відновлюваної енергії без викидів парникових газів.

**Кліматична адаптація** — дії, спрямовані на пристосування до негативних наслідків зміни клімату.

**Кліматична міграція** — переміщення людей, спричинене кліматичними змінами (посухи, повені, зростання рівня моря).

**Інвентаризація викидів** — систематичний облік викидів парникових газів за секторами та джерелами.

**Карбонова інтенсивність** — величина викидів CO<sub>2</sub> на одиницю виробленої продукції або енергії.

**РАЕУ**



**Дякую за увагу!**