

Технічна допомога для експорту товарів СВМ з України в ЄС

Моніторинг і розрахунок викидів: Практичні аспекти застосування методології СВМ

Володимир Крамар, к.т.н.,
Директор ТОВ «Біомаса-Карбон»

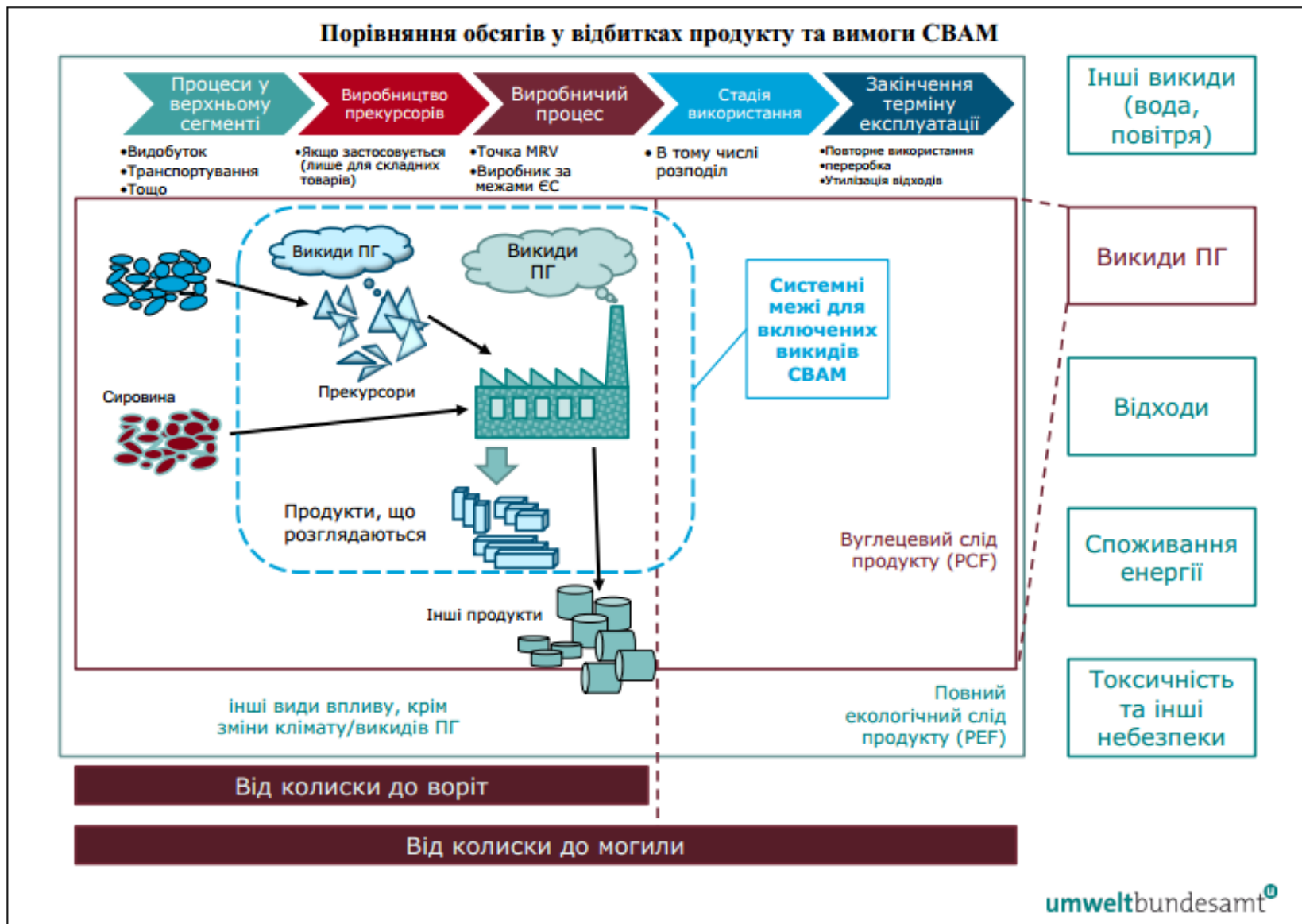
12 грудня 2025 р.



Методичні джерела

- ❑ Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism (Text with EEA relevance): <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/956/oj>
- ❑ Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1773 of 17 August 2023 laying down the rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council as regards reporting obligations for the purposes of the carbon border adjustment mechanism during the transitional period (Text with EEA relevance): https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2023/1773/oj
- ❑ Методичний документ щодо впровадження CBAM для операторів установок за межами ЄС: https://taxation-customs.ec.europa.eu/document/download/64a2fc36-d691-40c5-b231-fd95d088bc6b_en?filename=TAXUD-2023-01191-00-00-UK-TRA-00.pdf
- ❑ Шаблон Комісії для інформування імпортерів (CBAM Communication Template - Taxation and Customs Union): https://taxation-customs.ec.europa.eu/document/download/2c15cd0e-2447-4ef8-ab70-68b80b66ede8_en?filename=CBAM%20Communication%20template%20for%20installations_en_071123.xlsx
- ❑ DEFAULT VALUES FOR THE TRANSITIONAL PERIOD OF THE CBAM BETWEEN 1 OCTOBER 2023 AND 31 DECEMBER 2025: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/system/files/2023-12/Default%20values%20transitional%20period.pdf>

Системні межі викидів для цілей СВМ

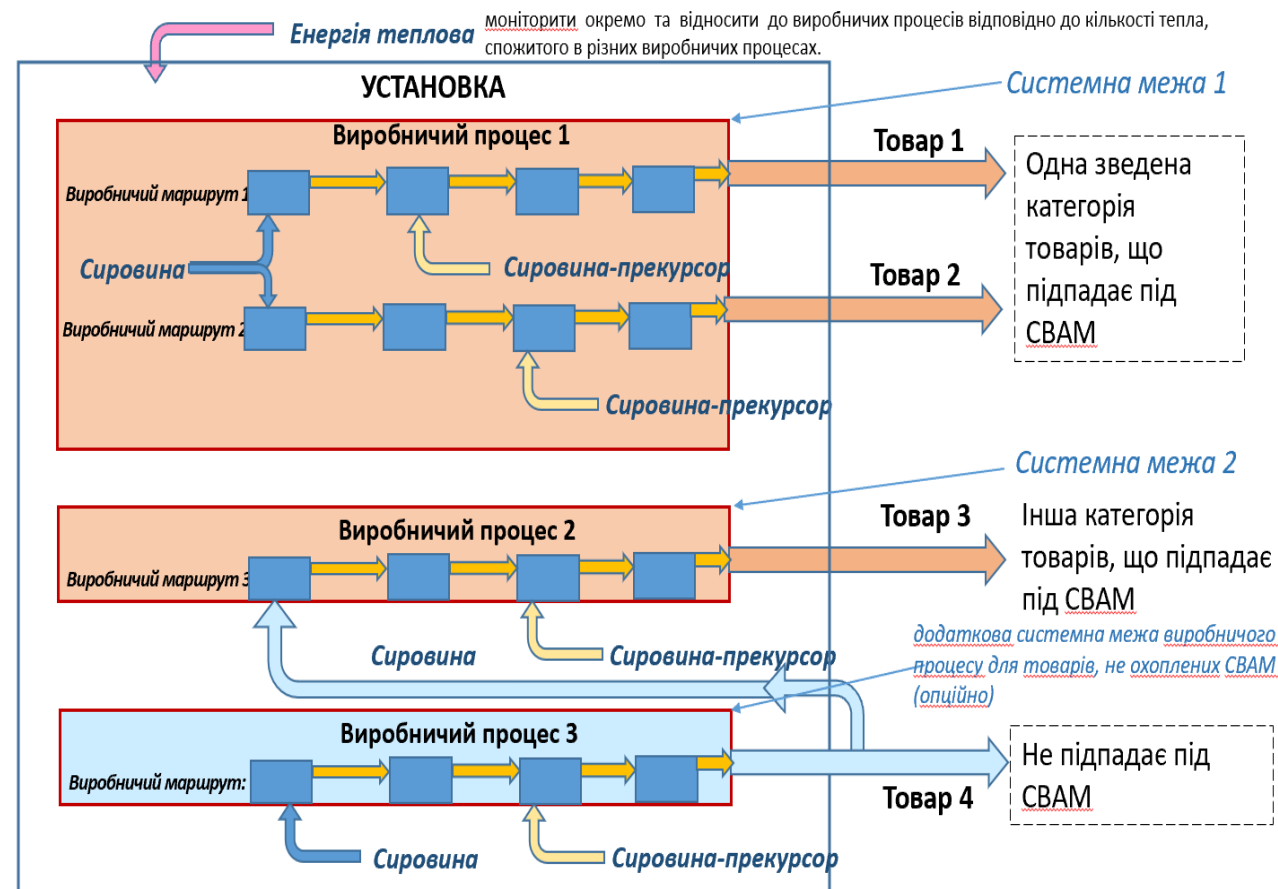


Основні визначення

- «установка» означає стаціонарний технічний вузол, де здійснюється виробничий процес;
- «виробничий процес» означає частини установки, в яких здійснюються хімічні або фізичні процеси для виробництва товарів під зведеною категорією товарів, визначених у таблиці 1 розділу 2 додатку II до Імплементційного регламенту (IP), а також визначені системні межі щодо входів, виходів та відповідних викидів;
- «виробничий маршрут» означає конкретну технологію, яка використовується у виробничому процесі для виробництва товарів, що підпадають під зведену категорію товарів.

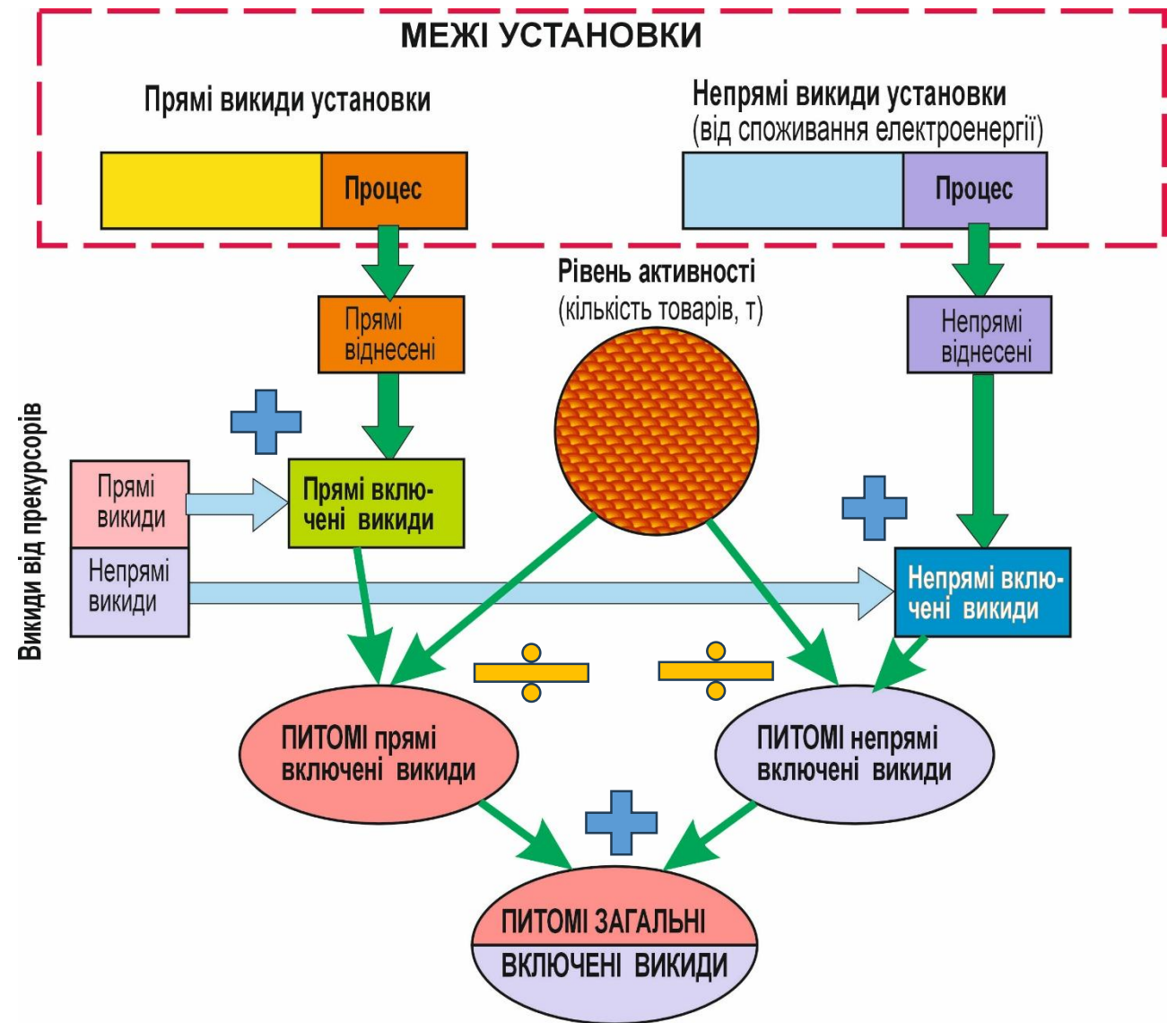
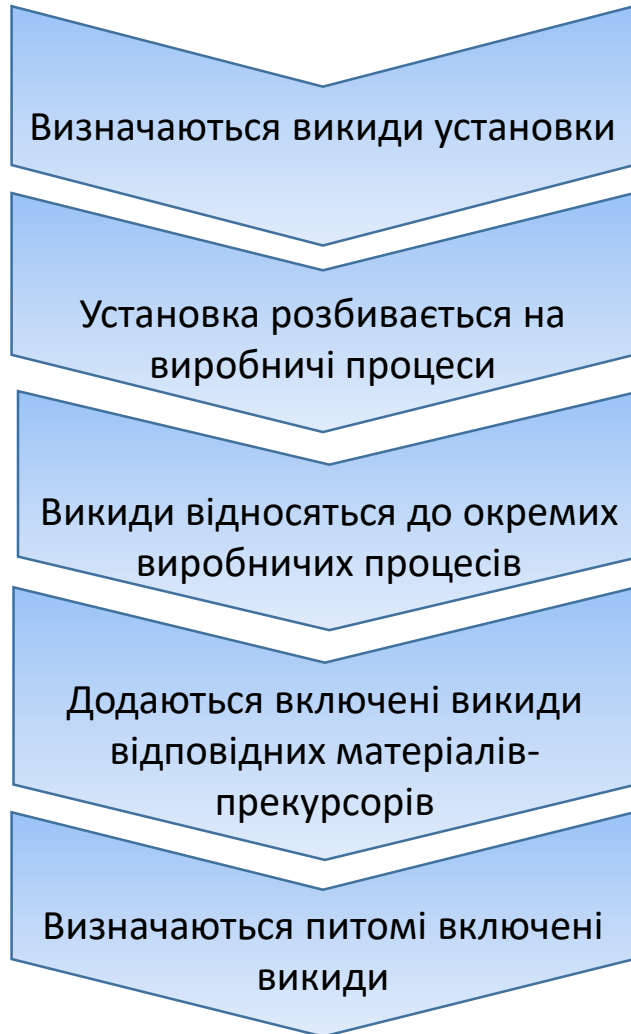
Визначення системних меж установки

- системні межі повинні охоплювати фізичні блоки, що виконують послідовні етапи процесу виробництва товару;
- будь-які інші (100%) спеціалізовані блоки, що підтримують виробничий процес і дозволяють йому досягати повної виробничої потужності та підтримувати її, повинні бути включені в системну межу — наприклад, блоки ТЕЦ (вхідна діяльність) або очищення димових газів (вихідна діяльність);
- фізичні блоки, що використовуються в більш ніж одному виробничому процесі (наприклад, котли, що постачають пару для кількох процесів, або повітряні компресори, що забезпечують стиснене повітря), повинні бути фактично розділені між процесами
- вхідні та вихідні матеріали і відповідні викиди не повинні охоплюватися більш ніж одним виробничим процесом.



Види викидів та їх взаємозв'язок

Підхід СВММ здійснюється «зверху вниз» таким чином:



Основні підходи до визначення викидів установки



Розрахунковий підхід-Стандартний метод

Стандартний метод легко застосовувати у випадках, коли паливо або матеріал безпосередньо пов'язані з викидами. Це передбачає розрахунок викидів за допомогою даних про активність (наприклад, кількість спожитого палива або вхідних матеріалів процесу), помножених на коефіцієнт викидів; два інші коефіцієнти можуть бути застосовані для коригування кількості викидів у разі незавершених хімічних реакцій на основі лабораторних аналізів.

Викиди від згорання

$$Em = AD \cdot EF \cdot OF \text{ (Рівняння 5)}$$

Де: Em — викиди [т CO₂]; AD — дані про активність [ТДж]; EF — коефіцієнт викидів [т CO₂/ТДж, т CO₂/т або т CO₂/Нм³]; OF — коефіцієнт окислення (безрозмірний).

$$AD = FQ \cdot NCV \text{ (Рівняння 6),}$$

Де: FQ — кількість палива [т або м³]; NCV — Чиста теплотворна здатність (найменша теплотворна здатність) [ТДж/т або ТДж/м³]

$$OF = 1 - \frac{C_{ash}}{C_{total}} \text{ (Рівняння 7),}$$

Де: C_{ash} — Вуглець, що міститься в золі та пилу від очищення димових газів (сажа); C_{total} — Загальна кількість вуглецю, що міститься в спаленому паливі.

Технологічні викиди розраховуються так:

$$Em = AD \cdot EF \cdot CF \text{ (Рівняння 11)}$$

Де: Em — викиди [т CO₂]; AD — дані про активність [т матеріалу]; EF — коефіцієнт викидів [т CO₂/т]; CF — коефіцієнт окислення (безрозмірний). Консервативне припущення: $CF = 1$

Розрахунковий підхід-Метод масового балансу

Як і стандартний підхід, **підхід масового балансу є розрахунковим методом** для визначення викидів установки.

Мінімальні вимоги: кількість матеріалу (т), вміст вуглецю (т С/т матеріалу); рекомендоване покращення: кількість матеріалу (т), вміст вуглецю (т С/т матеріалу), NCV (ТДж/т), частка біомаси.

$$Em_{proc} = (M_{C,in} - M_{C,out} - M_{C,ch-stock}) \cdot 3.664,$$

де: $M_{C,in}$ – маса вуглецю у всіх видах палива та вуглецевмісних матеріалів, що витрачені на діяльність протягом року [т]; $M_{C,out}$ – маса вуглецю у всіх продуктах, що є результатом діяльності протягом року [т]; $M_{C,ch-stock}$ – маса вуглецю у вхідних матеріалах, що залишаються запасом, як різниця між запасами на складах на початок та кінець року [т]; 3,664 – коефіцієнт для перерахунку молярної маси вуглецю в CO₂ [т CO₂/т С].

$$M_{C,in} = M_l \cdot C_l + M_b \cdot C_b + M_{fe} \cdot C_{fe},$$

$$M_{C,out} = M_{ag} \cdot C_{ag}$$

$$M_{C,ch-stock} = M_{ch-stock,l} \cdot C_{ch-stock,l} + M_{ch-stock,b} \cdot C_{ch-stock,b},$$

Важливо дотримуватися принципу повноти даних моніторингу, тобто **всі вхідні матеріали та паливо повинні бути враховані**, якщо не проводиться моніторинг за допомогою підходу, що виходить за рамки масового балансу.

$$Em_{fuel} = AD_{NG} \cdot EF_{NG} \cdot OF_{NG},$$

де: AD_{NG} – дані про діяльність [ТДж]; EF_{NG} – коефіцієнт викидів для природного газу [т CO₂/ТДж]; OF_{NG} – коефіцієнт окислення (безрозмірний), приймаємо для спалювання природного газу $OF_{NG} = 1,0$.

Вимірювальна методологія — системи безперервного вимірювання викидів (CEMS)

Імплементативний регламент СВМ вимагає **обов'язкового використання вимірювального підходу для моніторингу викидів N₂O**, якщо вони визначаються як відповідні викиди парникових газів для товару, охопленого СВМ (тобто для виробництва азотної кислоти та добрив).

Розрахунок викидів за звітний період (річні викиди)

$$GHGEM_{total}[T] = \sum_{i=1}^{HoursOp} (GHGconc_{hourly,i} \cdot V_{hourly,i}) \cdot 10^{-6}[T/грам] \quad (\text{Рівняння 16})$$

Де: $GHGEM_{total}$ — загальні річні викиди парникових газів у тоннах; $GHGconc_{hourly,i}$ — це погодинна концентрація викидів парникових газів у г/Нм³ у потоці димових газів, виміряна під час роботи протягом години або більш короткого контрольного періоду i ; $V_{hourly,i}$ — об'єм димових газів у Нм³ за одну годину i , визначений шляхом інтегрування швидкості витрати газу за годину, а $HoursOp$ = загальна кількість годин, для яких застосовується вимірювальна методологія, включаючи години для яких дані були замінені на середні значення. Показник i стосується окремої робочої години. Погодинні значення повинні бути середніми для всіх окремих вимірювань протягом цієї години.

Викиди CO₂ від біомаси

Встановлено **«нульову ставку»** цих викидів, тобто враховувати викиди CO₂ як нульові, коли біомаса споживається як паливо або технологічний матеріал, незважаючи на те, що в той момент CO₂ фізично викидається в атмосферу.

Критерії RED II застосовуються лише тоді, коли біомаса використовується як паливо («для енергетичних цілей»).

Якщо біомаса використовується як **вхідний матеріал** (наприклад, якщо деревне вугілля використовується як відновник у доменній печі або для виробництва електродів), такий матеріал завжди може мати **нульові викиди без застосування критеріїв RED II.**

Існують два способи, за допомогою яких оператори можуть продемонструвати відповідність критеріям RED II щодо сталого розвитку та скорочення ПГ:

- **використання схеми сертифікації**, яка забезпечує «докази сталого розвитку» (PoS, тобто підтвердження відповідності правилам цієї схеми) і яка відповідає вимогам RED та відповідного Імплементативного регламенту. Такі схеми сертифікації можуть діяти в усьому світі. Якщо ви як оператор бажаєте бути впевнені, що схема дотримується всіх відповідних регламентів згідно з RED II, вам слід вибрати схему, яка була «визнана» (тобто схвалена) Європейською комісією відповідно до цих правил. Перелік визнаних схем сертифікації біомаси розміщено на вебсайті Комісії: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/voluntary-schemes_e;
- ви також можете **зібрати всі необхідні дані та виконати відповідні розрахунки самостійно** як оператор установки, що використовує біомасу.

Викиди CO2 від біомаси

Викиди від спалювання біомаси як палива можна було не враховувати для установок, що почали застосовувати біомасу як паливо до 1 січня 2021 року. При оцінюванні необхідності підтвердження сталості для такого випадку згідно вимог Директиви (ЄС) 2018/2001, доведення сталості біопалива не вимагалось. Але після внесення змін до Директиви (ЄС) 2018/2001 в 2023 році, з 21 травня 2025 року в дію вступили нові положення, зокрема тепер доводити сталість палива з біомаси треба також для установок, що почали використовувати її до 1 січня 2021 року.

Див. рис. 1, крок 8 в документі: «Guidance Document. Biomass issues in the EU ETS»

https://climate.ec.europa.eu/system/files/2022-10/gd3_biomass_issues_en.pdf

Guidance Document. The Monitoring and Reporting Regulation – General guidance for installations.

https://climate.ec.europa.eu/system/files/2023-03/gd1_guidance_installations_en.pdf

Віднесення викидів до окремих виробничих процесів

Для визначення включених викидів зведених категорій товарів, які охоплюються розділом 2 додатку II до Імплементативного регламенту:

Крок 1: перелічити усі товари, фізичні блоки, вхідні та вихідні матеріали і викиди для установки

Фізичні блоки виробничого процесу: вхідні (наприклад, сировина, паливо, тепло та електроенергія, необхідні для виробництва продукції) і вихідні матеріали (вироблені товари, побічні продукти та відходи, тепло, електроенергія, відпрацьовані гази і викиди).

Крок 2: визначити відповідні виробничі процеси та виробничі маршрути

Перерахувати всі товари з кодами КН, які виробляє ваша установка. **Кожна зведена категорія товарів вимагатиме визначення одного виробничого процесу.** Визначити промислові процеси («виробничий маршрут»), які виробляють товари, охоплені СВМ, і відповідні технологічні одиниці, вхідні та вихідні матеріали і викиди. Котли, ТЕЦ та парові мережі, які можуть спільно використовуватися різними виробничими процесами – викиди треба відносити до виробничих процесів відповідно до кількості тепла, спожитого в різних виробничих процесах.

«Бульбашковий підхід»: якщо установка виробляє категорію складного товару та його прекурсора, і якщо цей прекурсор повністю використовується для виготовлення складного товару, системні межі спільного (єдиного) виробничого процесу можуть бути визначені в рамках установки.

Вхідні та вихідні матеріали і відповідні викиди не повинні охоплюватися більш ніж одним виробничим процесом.

Крок 3: визначити потреби в моніторингу на рівні установки

Прийняти рішення щодо підходів до моніторингу: «розрахунковий» та «вимірювальний» підходи, а для деяких перехідних періодів інші методи з інших систем ціноутворення на вуглець або MRV.

Віднесення викидів до окремих виробничих процесів (продовження)

Крок 4: віднести викиди до виробничих процесів

На цьому кроці це робиться без урахування включених викидів використаних матеріалів-прекурсорів. Натомість кожен товар вважається «простим товаром», тобто враховуються лише (прямі та/або непрямі) викиди від кожного виробничого процесу. Якщо установка також виробляє деякі матеріали-прекурсори, вони повинні розглядатися окремо як окремі товари. **Мета полягає в тому, щоб віднести 100% викидів установки до товарів без пропусків і подвійного підрахунку.**

«Електроенергія» та «тепло», вироблені для використання поза виробничим процесом, також є «товарами» (вони мають економічну цінність і ними можна торгувати). Крім того, для досягнення цієї цілі в 100% необхідно враховувати товари, які не охоплюються СВАН.

Віднесені прямі викиди виробничого процесу

$$AttrEm_{Dir} = DirEm^* + Em_{H,imp} - Em_{H,exp} + WG_{corr,imp} - WG_{corr,exp} - Em_{el,prod}$$

Де: $AttrEm_{Dir}$ - віднесені прямі викиди виробничого процесу за весь звітний період, виражені в т CO₂e;
 $DirEm^*$ - викиди, що безпосередньо пов'язані з виробничим процесом, визначені за звітний період з використанням правил, наведених у розділі В додатку III до IP; $Em_{H,imp}$ - викиди, еквівалентні кількості вимірюваного тепла, імпортованого до виробничого процесу, визначені за звітний період; $Em_{H,exp}$ - викиди, еквівалентні кількості вимірюваного тепла, експортованого з виробничого процесу, визначені за звітний період; $WG_{corr,imp}$ - віднесені прямі викиди виробничого процесу, що споживає відпрацьовані гази, імпортовані з інших виробничих процесів; $WG_{corr,exp}$ - викиди, еквівалентні кількості відпрацьованих газів, експортованих із виробничого процесу; $Em_{el,prod}$ - викиди, еквівалентні кількості електроенергії, виробленої в межах виробничого процесу.

Коефіцієнт викидів для електроенергії

Для електроенергії, виробленої на установці окремим (тобто не когенераційним) виробництвом, коефіцієнт викидів електроенергії EF_{El} розраховується з використанням специфічної паливної суміші за допомогою цього рівняння:

$$EF_{El} = (\sum_i AD_i \cdot NCV_i \cdot EF_i + EM_{FGC}) / El_{prod} \text{ (Рівняння 47)}$$

де: AD_i — річні дані про активність (тобто спожиту кількість) палива i , яке використовується для виробництва електроенергії, виражене в тоннах або Нм3, NCV_i — це чиста теплотворна здатність палива i , виражена в ТДж/т або ТДж/Нм3, EF_i — це коефіцієнти викидів палива i , виражені в т CO2/ТДж, EM_{FGC} — технологічні викиди від очищення димових газів, виражені в т CO2, El_{prod} — чиста кількість виробленої електроенергії, виражена в МВт·год. Вона може включати кількість електроенергії, виробленої з інших джерел, крім згоряння палива.

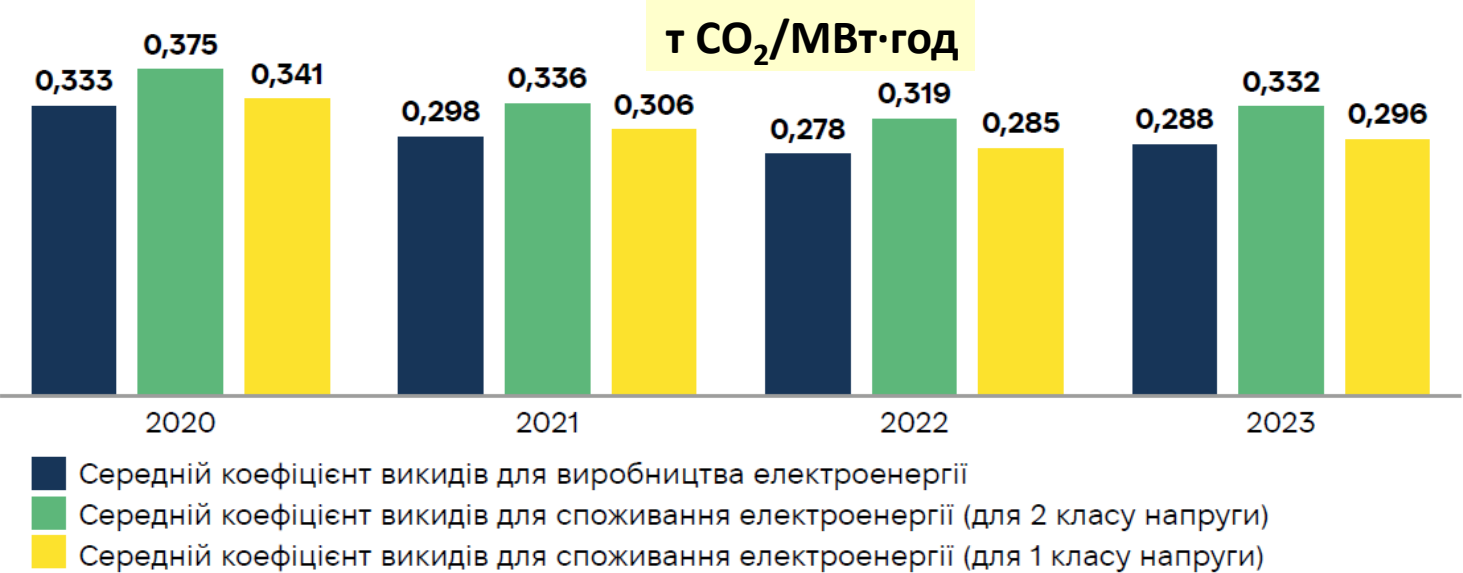
Коефіцієнт викидів для електроенергії, отриманої з мережі

- Підхід за замовчуванням полягає у використанні коефіцієнта за замовчуванням, наданого Комісією в Перехідному реєстрі СВМ, який являє собою середній коефіцієнт викидів електроенергетичної мережі країни походження на основі даних Міжнародного енергетичного агентства (МЕА);
- Якщо доцільно, **будь-який інший коефіцієнт викидів електроенергетичної мережі країни походження на основі загальнодоступних даних**, що являє собою або середній коефіцієнт викидів, або коефіцієнт викидів CO2;
- **Фактичні коефіцієнти викидів** можуть використовуватися у випадку угод про купівлю електроенергії, за умови, що коефіцієнт викидів визначається, як описано вище.

Визначення питомих коефіцієнтів викидів за допомогою ринкових інструментів, таких як «гарантії походження» або «зелені сертифікати» для відновлюваних джерел енергії тощо, не дозволяється.

Коефіцієнт викидів для електроенергії

Результати розрахунку середніх коефіцієнтів викидів представлені на рисунку нижче.



ОФІС ЗЕЛЕНОГО ПЕРЕХОДУ:
Коефіцієнт викидів парникових газів для виробництва та споживання електроенергії. Аналітичне дослідження та опис методологічного підходу до розрахунку

Covenant of Mayors for Climate and Energy: Greenhouse gas emission factors for local emission inventories
Covenant of Mayors collection - 2024 datasets

Table 11. CoM activity-based (IPCC) GHG EFs for national electricity consumption (also referred to as NEEFEs) of other countries, for selected years (tonnes of CO₂-eq/MWh)

Country	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CoM East countries											
AM	0.553	0.388	0.396	0.201	0.129	0.236	0.220	0.220	0.274	0.232	0.241
AZ	0.817	0.925	0.970	0.685	0.663	0.684	0.679	0.695	0.648	0.614	0.597
GE	0.589	0.636	0.268	0.118	0.096	0.127	0.101	0.098	0.085	0.112	0.106
MD	1.144	0.717	0.656	0.436	0.685	0.619	0.630	0.478	0.505	0.544	0.595
UA	0.969	0.781	0.616	0.614	0.586	0.537	0.585	0.469	0.502	0.475	0.431

?

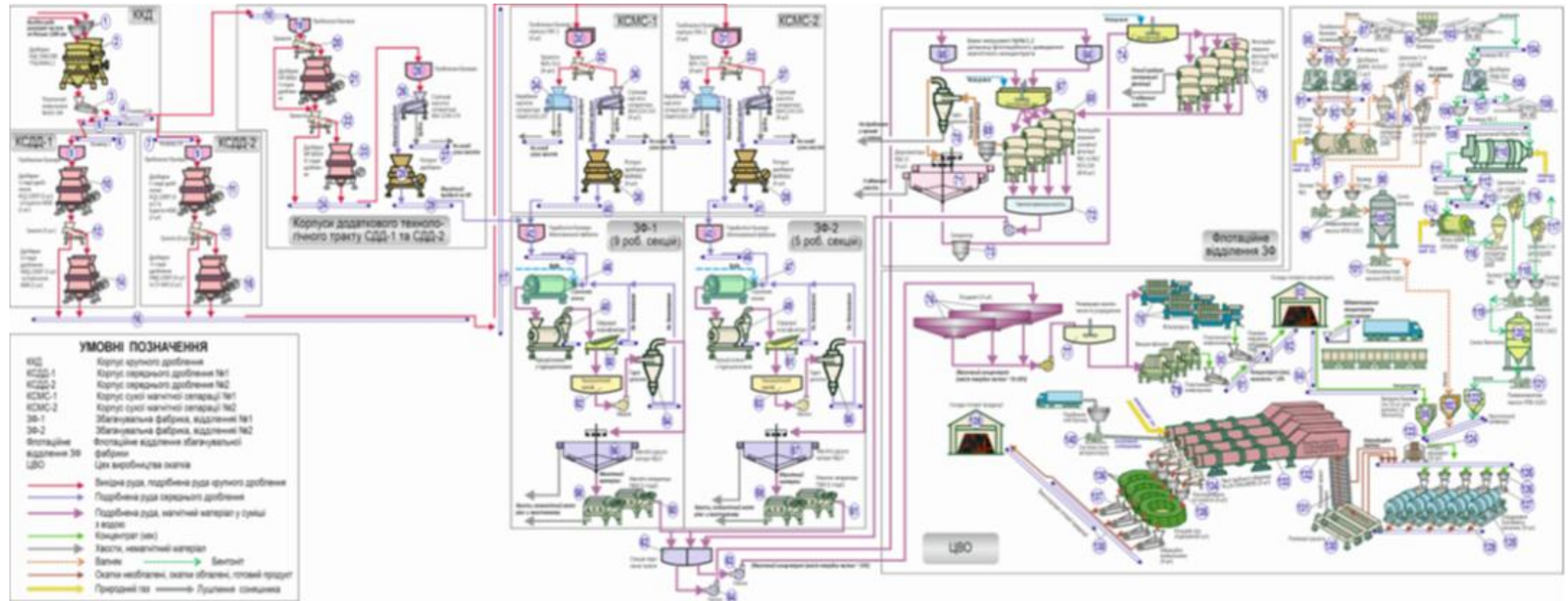
CN code: 2601 12 00 – Agglomerated iron ores and concentrates, other than roasted iron pyrites

Визначаємо межі установки:

-
- МЕЖІ УСТАНОВКИ**
- ІЗІРНА РУДА** → **Дробильно-збагачувальна фабрика**
- Електрична енергія** (ВІТРАТА) → **Дробильно-збагачувальна фабрика**
- Дробильно-збагачувальна фабрика** stages:
- Крупне дроблення
 - Середнє дроблення
 - Грохочення
 - Дрібне дроблення
 - Магнітна сепарація + додроблення
- Магнітний продукт сухої магнітної сепарації → **Збагачувальна фабрика**
- Збагачувальна фабрика** stages:
- Розмелювання
 - Класифікація
 - Домелювання
 - Знешламлювання
 - Магнітна сепарація
 - Флотація
- Концентрат та флотоконцентрат з масовою часткою загального заліза 64,0-67,8 % → **Цех виготовлення окатків**
- Цех виготовлення окатків** stages:
- Складування, відвантаження
 - Охолодження окатків
 - Сушіння і обпалення окатків
 - Огрудкування шихти
 - Дозування і змішування компонентів шихти
 - Підготовка вапняку та бентоніту
 - Підготовка кека
- ГОТОВА ПРОДУКЦІЯ** (ВІТРАТА, РІВЕНЬ АКТИВНОСТІ)
- Вхідні матеріали та енергія:**
- Електрична енергія** (ВІТРАТА) → **Дробильно-збагачувальна фабрика**
 - Природний газ** (ВІТРАТА, НТЗ, хім-аналіз) → **Цех виготовлення окатків**
 - Лущиння соняшника** (ВІТРАТА, НТЗ) → **Цех виготовлення окатків**
 - Вапняк** (ВІТРАТА, Вміст карбонатів) → **Цех виготовлення окатків**
 - Бентоніт** (ВІТРАТА, Вміст карбонатів) → **Цех виготовлення окатків**

Практичний приклад – виробництво агломерованого залізорудного концентрату («окатиші», «обкотки»)

Схема виробничого процесу в межах установки:



Підхід до розрахунку викидів ПГ: Розрахунковий підхід, метод масового балансу.

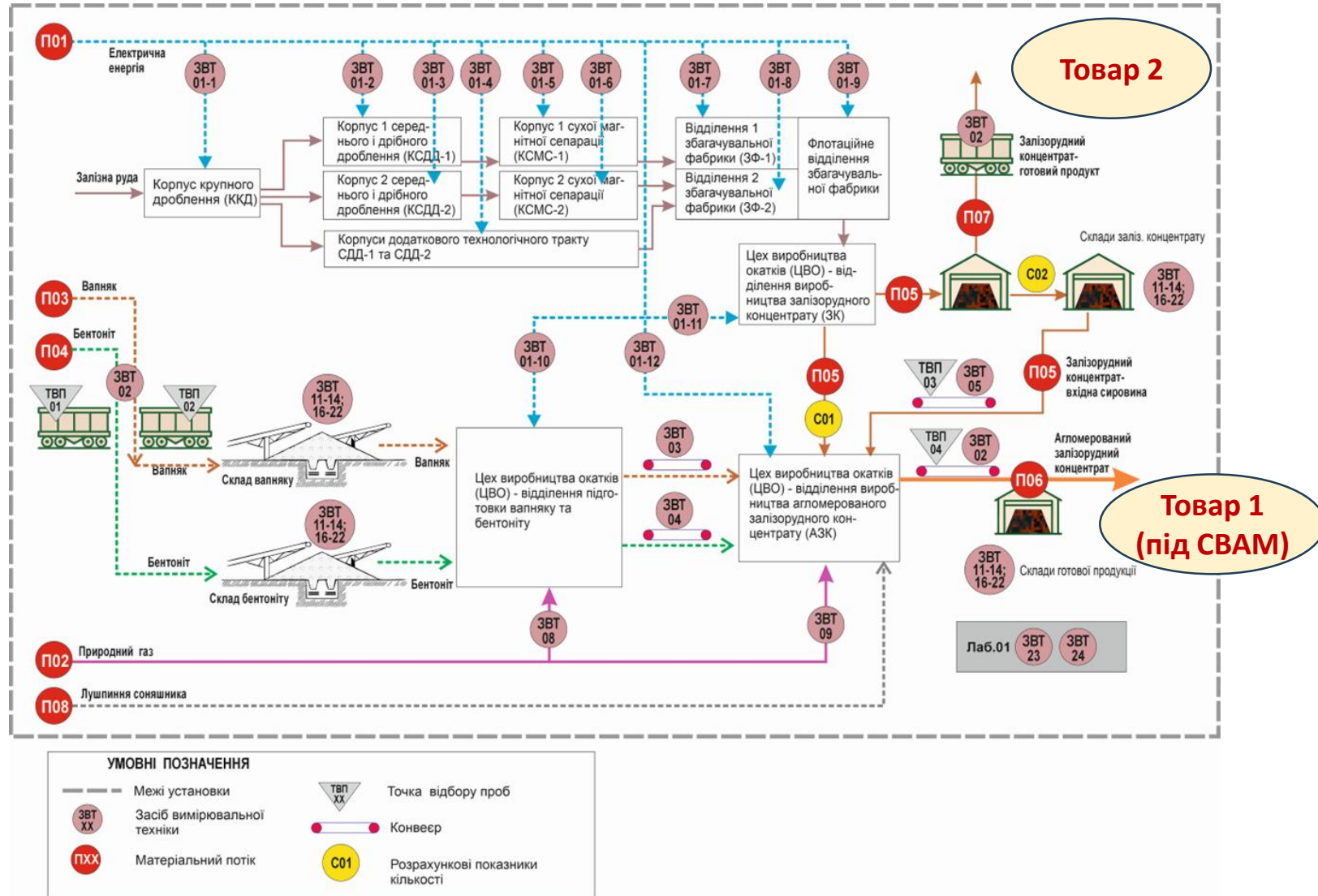
Оскільки у виробничому процесі відсутні матеріали-прекурсори, прямі та непрямі включені викиди від прекурсорів відсутні.

Практичний приклад – виробництво агломерованого залізорудного концентрату («окатиші», «обкотики»)

Системні межі моніторингу прямих викидів на виробничому маршруті агломерованої руди мають охоплювати:

- *CO₂ із технологічних матеріалів, таких як вапняк та інші карбонати або карбонатні руди.*
- *CO₂ з усіх видів палива, включаючи кокс, відпрацьовані гази, такі як коксовий, доменний або конвертерний газ; прямо чи опосередковано пов'язаний з виробничим процесом, і матеріали, що використовуються для очищення димових газів.*

Слід також моніторити непрямі викиди, які є результатом споживання електроенергії під час виробничого процесу.



*Технічна допомога для експорту товарів СВМ з
України в ЄС*

Дякую!



Володимир Крамар, К.Т.Н.,
Директор ТОВ «Біомаса-Карбон»

kramar@secbiomass.com

