

**Розробка бізнес-моделей для
виробництва та використання
біометану. Як зробити техніко-
економічне обґрунтування**

Петро Кучерук

Біоенергетична асоціація України
(UABIO), експерт

1. На які питання відповідає техніко-економічне обґрунтування?

Технічна доцільність

- Яка сировина (субстрати) та якої якості доступна для виробництва біометану?
- Яка технологія переробки сировини є найбільш прийнятною (продуктивність, матеріальні баланси, ...)?
- Якими будуть обсяги та характеристики основних продуктів (біогаз, біометан) і побічних продуктів (дигестат, вуглекислий газ...)?
- Які норми та стандарти стосуються основного продукту, побічних продуктів, сфери їх використання?
- Як забезпечуватимуться потреби біометанового заводу в енергії (приєднане навантаження, енергетичні баланси...)?
- Які технічні умови приєднання до мереж (електромережа, ГТС/ГРС)?
- Які критерії доцільності та обмеження при виборі місця будівництва?

Економічна доцільність (1)

- Які інвестиції потрібні для реалізації проєкту?
- Скільки власних коштів необхідно залучити в проєкт?
- Які умови залучення зовнішнього фінансування (кредитні умови)?
- Які доступні схеми підтримки та які умови участі?
- Яка вартість постачання сировини, чи є конкуренція за сировину?
- Чи відноситься сировина до сталих відповідно до REDII (REDIII)?
- Які ціни та умови постачання енергії та енергоресурсів до заводу?
- Які операційні витрати (сировина, логістика, технічне обслуговування, запасні частини, заробітна плата...)?

Економічна доцільність (2)

- В якому сегменті ринку буде використовуватись біометан (транспортне паливо, опалення, промисловість)?
- Які потенційні обсяги продажів у різних сегментах?
- Яка структура ціноутворення діє на ринку?
- Хто потенційні клієнти і скільки їх?
- Можливі схеми реалізації біометану і побічних продуктів технології?
- Який потенційний дохід від різних продуктів?
- Які очікувані фінансові показники інвестиційного проєкту (IRR, NPV, дисконтований термін окупності, ...)?

Оцінка ризиків проєкту

- Які основні ризики пов'язані з діяльністю проєкту – гарантоване постачання сировини, можливі перебої з постачанням електроенергії, дефіцит витратних матеріалів, зміна тарифів на енергію та енергоресурси, зміна цін на продукцію...?
- Які стратегії запобігання та мінімізації для кожного з вищезазначених ризиків?
- Якою буде чутливість прибутку в залежності від кожного з факторів ризику?

2. Концепції виробництва біометану

Основні можливі концепції проєктів виробництва відновлюваного метану

➤ Концепція 1

Біометан з біогазу БГУ

➤ Концепція 2

Біометан з біогазу полігонів ТПВ

➤ Концепція 3

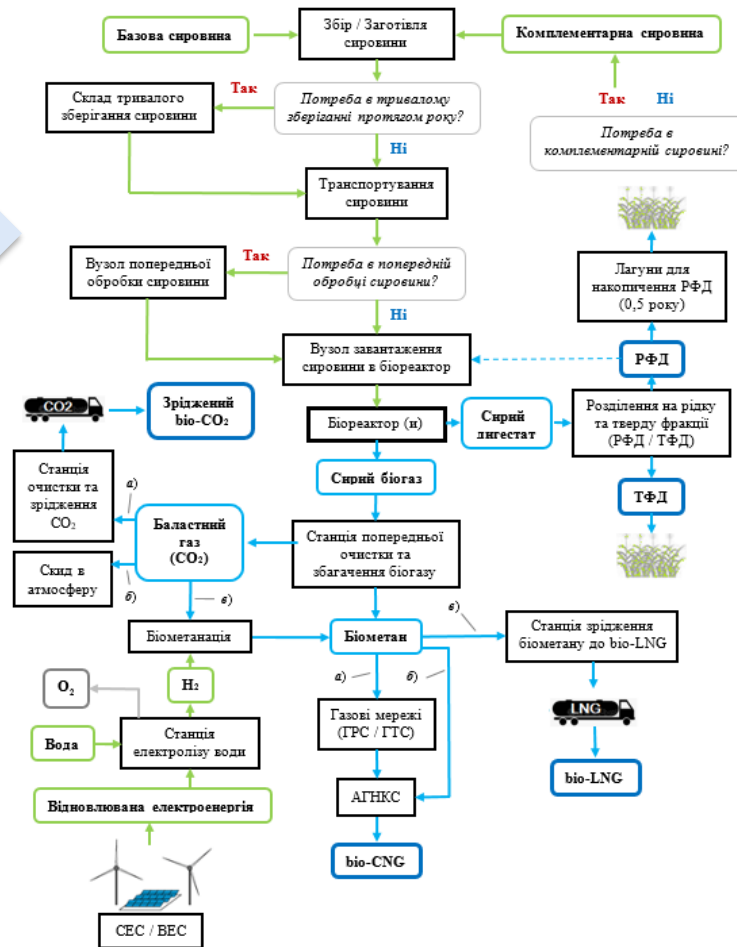
е-Біометан з відновлюваних H_2 та CO_2

► Концепція 4

Синтетичний біометан отриманий шляхом термогазифікації твердої або рідкої біомаси

► Концепція 5

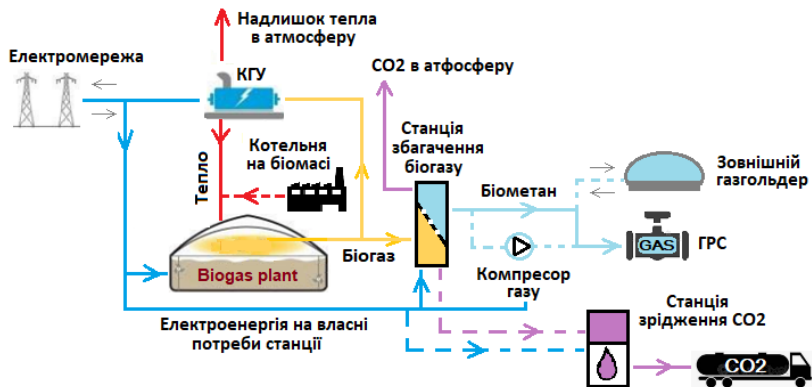
Біометан з біогазу “темного бродіння” (H_2 , CH_4)



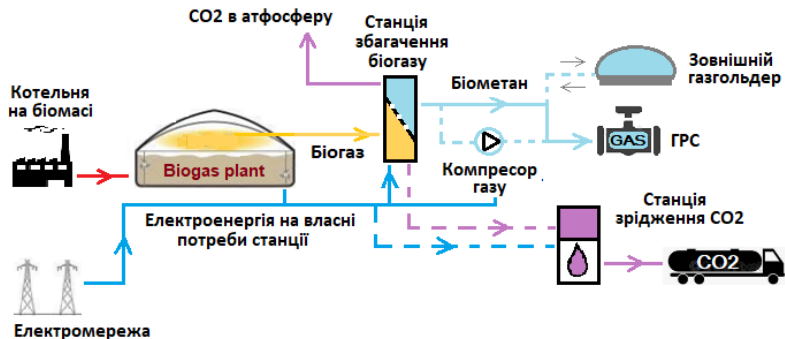
Типові концепції виробництва біометану:

Біометан в газорозподільну систему

Живлення
від ТЕЦ на
біогазі



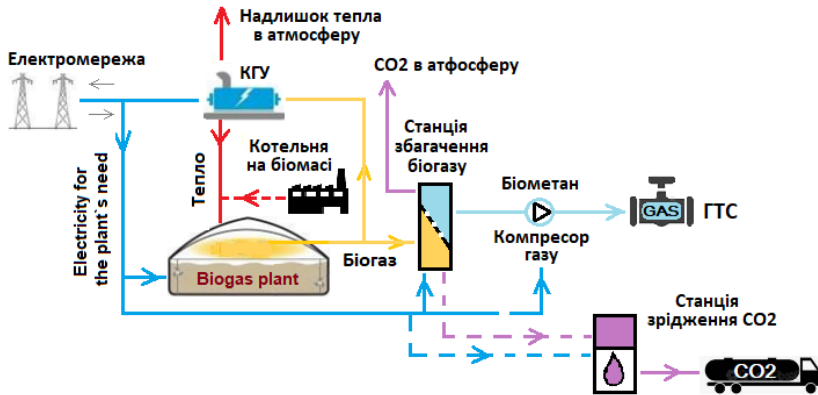
Живлення
з електро-
мережі



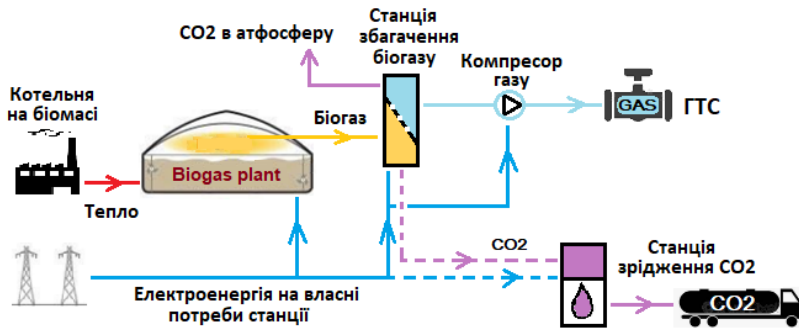
- Можлива схема, якщо мінімальна продуктивність ГРС перевищує 80% потужності біометанової установки
- Від 15% до 25% енергії біогазу буде потрібно, щоб покрити потреби всього заводу в електроенергії
- Варіант із живленням від ТЕЦ на біогазі буде доцільним там, де частково використовуються традиційні види сировини, для яких ціна біометану є найменшою.
- Автономний газгольдер буде доцільним, якщо потужність ГРС сильно коливається протягом дня
- Газовий компресор буде потрібен, якщо тиск у ГРС перевищує тиск біометану після системи збагачення + втрати тиску
- Котельня знадобиться там, де обсягу тепла ТЕЦ недостатньо для покриття потреб біогазової установки
- Підключення до електромережі необхідне для забезпечення безперебійного електропостачання

Типові концепції виробництва біометану: Біометан в газотранспортну систему

Живлення
від ТЕЦ на
біогазі



Живлення
з електро-
мережі



- Можлива концепція для переважної більшості потужностей з виробництва біометану.
- Від 15% до 25% біогазу буде потрібно, щоб покрити потреби всього заводу в електроенергії.
- Варіант із живленням від ТЕЦ на біогазі буде доцільним там, де частково використовуються традиційні види сировини, для яких ціна біометану є найменшою.
- Зовнішній додатковий газгольдер не потрібен.
- Газовий компресор високого тиску слід передбачити в будь-якому випадку
- Котельня знадобиться там, де обсягу тепла ТЕЦ недостатньо для покриття потреб біогазової установки.
- Підключення до електромережі необхідне для забезпечення безперебійного електропостачання.
- Потрібна більш надійна система контролю O₂ у біогазі.
- Там, де можливо, можлива система реверсних компресорів для подачі біометану з ГПС до ГТС.

Типові концепції виробництва біометану:

Біометан в bio-CNG / bio-LNG

Пряме підключення до виробника біометану, CNG

Виробник біометану

Установка стиснення

Заправна станція

Транспорт

Пряме підключення до виробника біометану, LNG

Виробник біометану

Цех зрідження

Заправна станція

Транспорт

Стиснений біометан через газову мережу та сертифікати на зелений газ

Виробник біометану

Газова мережа

Заправна станція

Транспорт

LNG та сертифікати на зелений газ

Скраплений природний газ (LNG) термінал

Автоцистерна LNG

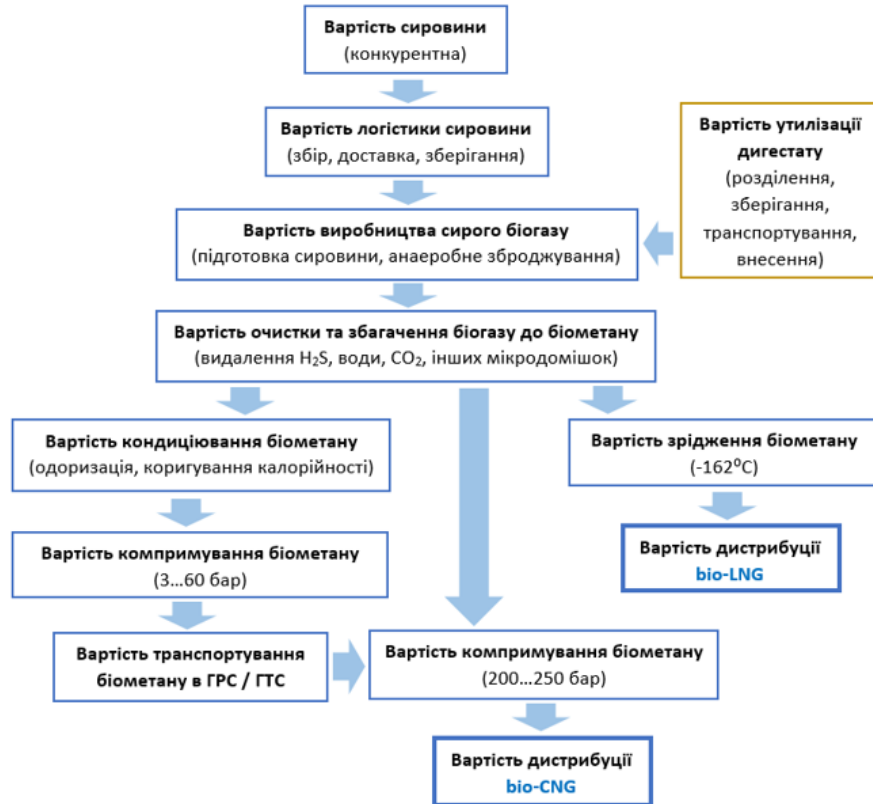
Заправна станція

Транспорт

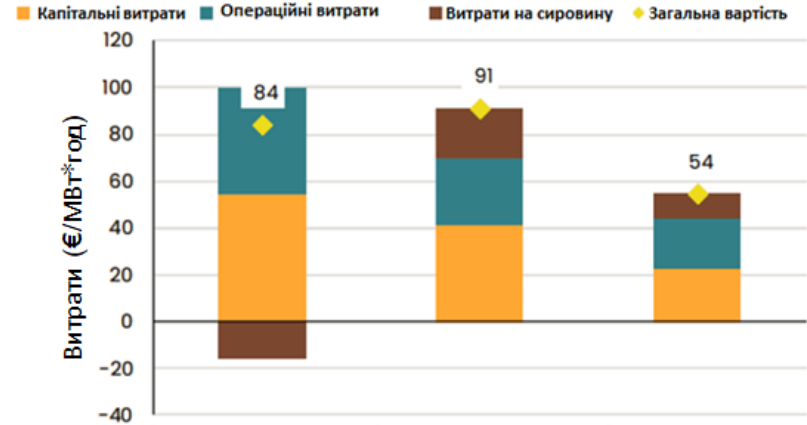
Сертифікати зеленого газу

3. Типові CAPEX та OPEX

Собівартість біометану



Вартість виробництва і збагачення біометану



Категорія розміру	2	2	4
Біогаз (м3/год)	500 – 1300	500 – 1300	>2000
Біометан (м3/год)	300 – 780	300 – 780	>1200
Біометан (MВт)	3 – 8	3 – 8	>14
Тип сировини	Всі типи сировини	За виключенням муніципальних відходів*	Всі типи сировини

*муніципальні відходи – це міські потоки відходів, які можна використовувати як сировину, але зазвичай вони вимагають значних рівнів попередньої обробки і, отже, пов'язані з витратами або від'ємними витратами (комісія за збір).

Джерело: Biomethane industrial partnership, 2023

CAPEX виробництва біогазу

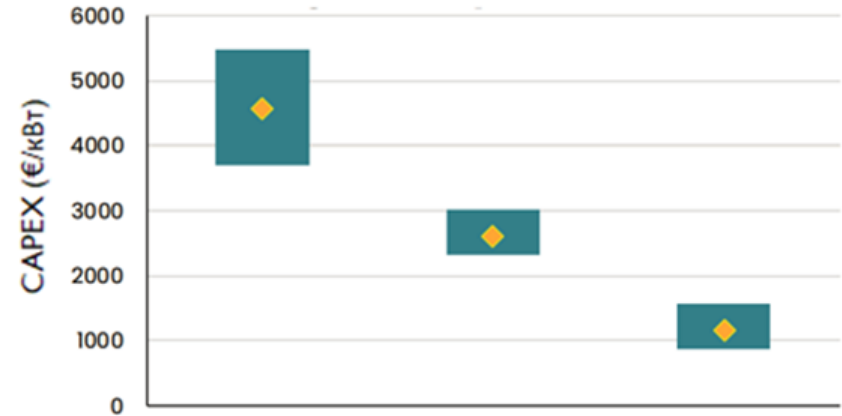
Проекти середнього розміру
1...5 млн м³CH₄ / рік

Проекти великого масштабу
10...20 млн м³CH₄ / рік

CAPEX
1,6...4,6 млн євро

CAPEX
10...18 млн євро

CAPEX біогазової станції



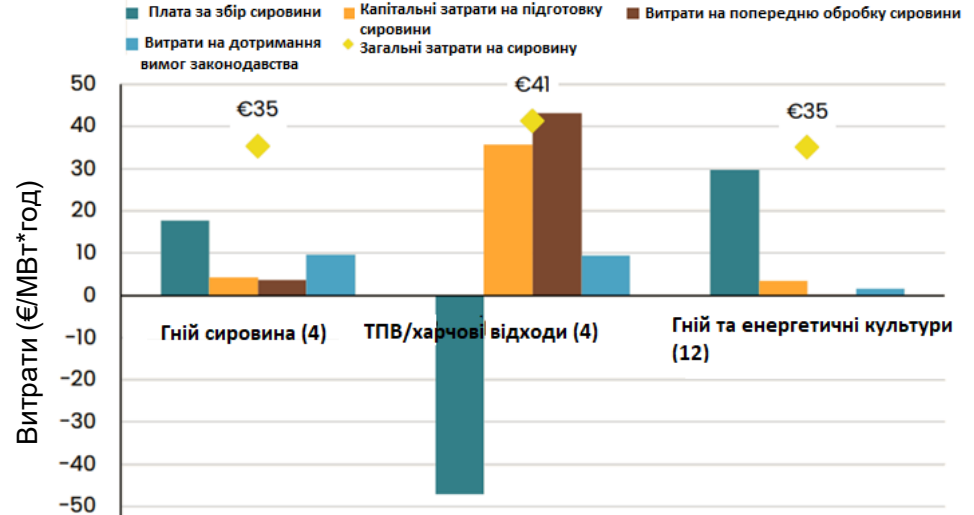
Категорія за розміром	2 (комунальні)	2 (інші)	4
Біогаз (м.куб/год)	500 – 1300	500 – 1300	>2000
Біометан (м.куб/год)	300 – 780	300 – 780	>1200
Біометан (МВт)	3 – 8	3 – 8	>14
Кількість заводів	4	23	4

Джерело: Biomethane industrial partnership, 2023

Вартість сировини

Тип сировини	Питомий вихід CH ₄ , м ³ CH ₄ /т	Вартість сировини, грн/т	Питома вартість сировини, євро/1000 м ³ CH ₄
Жом цукрового буряка (СР 25%)	83	200	60
Курачий послід (СР 40%)	90	300	83
Пшенична солома	220	1500	170
Гній ВРХ (СР 25%)	44	500	284
Силос кукурудзи (СР 33%)	107	1600	374
Меляса	224	4800	536

Загальні витрати на сировину та матеріали Категорія за розміром - 2



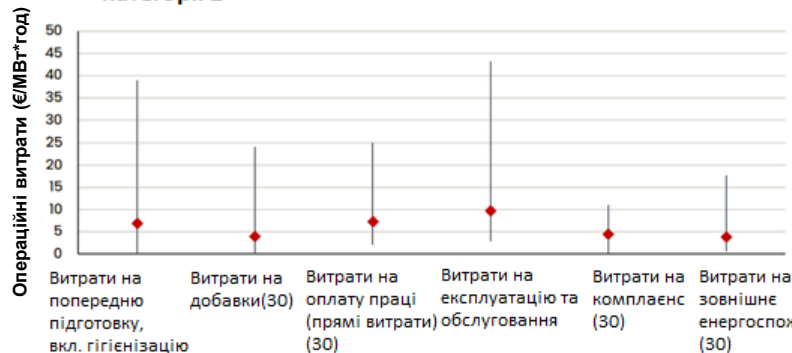
Джерело: Biomethane industrial partnership, 2023

Суміш сировини	Одиниці	Гній	Гній та енергетичні культури	ТПВ/харчові відходи, промислові відходи (вкл. ППТ) та осаді муніципальних ОС	Інші
Вартість сировини	євро/МВт*год _{CH₄}	8-43	23-39	(-94)-0	0-24
Кількість заводів	#	6	52	8	8

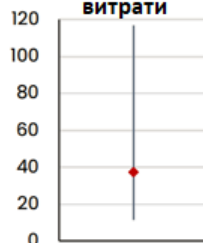
ППТ- побічні продукти тваринництва

Операційні витрати на виробництва біогазу

Операційні витрати для виробництва біогазу для категорії 2

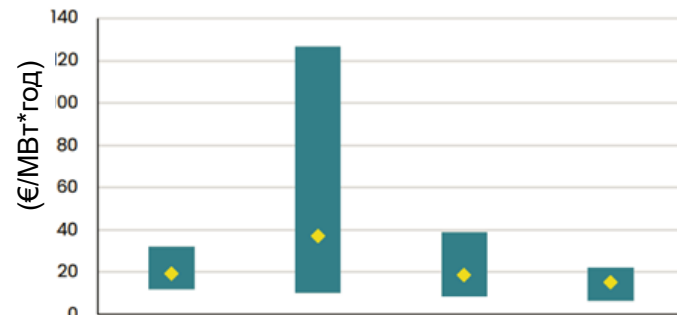


Загальні операційні витрати



Розмірна категорія 2

Операційні витрати на виробництво біогазу



Категорія за розміром	1	2	3	4
Біогаз (м.куб/год)	<500	500 – 1300	1300 – 2000	>2000
Біометан (м.куб/год)	<300	300 – 780	780 – 1200	>1200
Біометан (MBt)	<3	3 – 8	8 – 14	>14
Кількість заводів	18	27	7	4

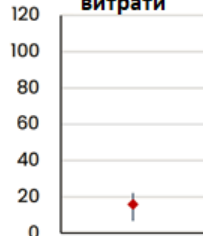
Потреба в електроенергії:
0,2...0,3 кВт·год / м³ CH₄

Потреба в тепловій енергії:
1,0...1,2 кВт·год / м³ CH₄

Операційні витрати для виробництва біогазу для розмірної категорії 4



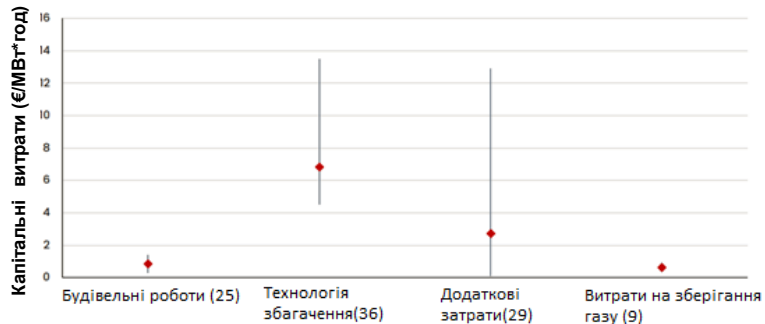
Загальні операційні витрати



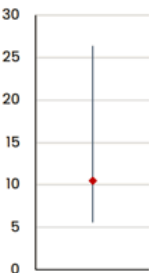
Розмірна категорія 4

Капітальні витрати на збагачення біогазу

Рівень капітальних витрат на збагачення біогазу розмірної категорії 2

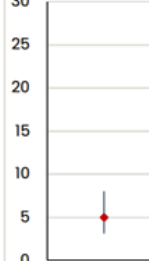


Загальні капітальні витрати збагачення біогазу



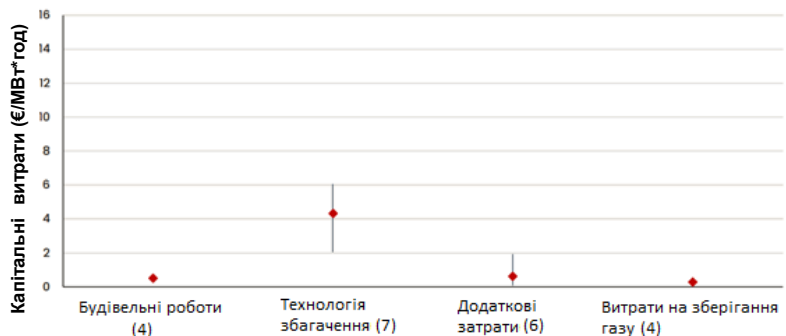
Розмірна категорія 2

Загальні капітальні витрати збагачення біогазу



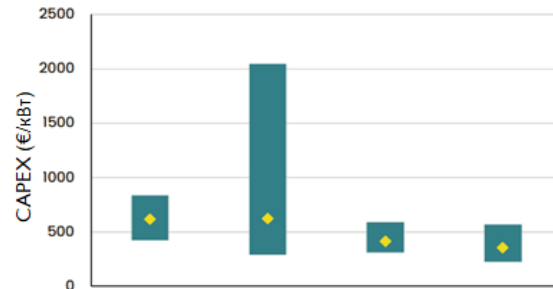
Розмірна категорія 4

Рівень капітальних витрат на збагачення біогазу розмірної категорії 4

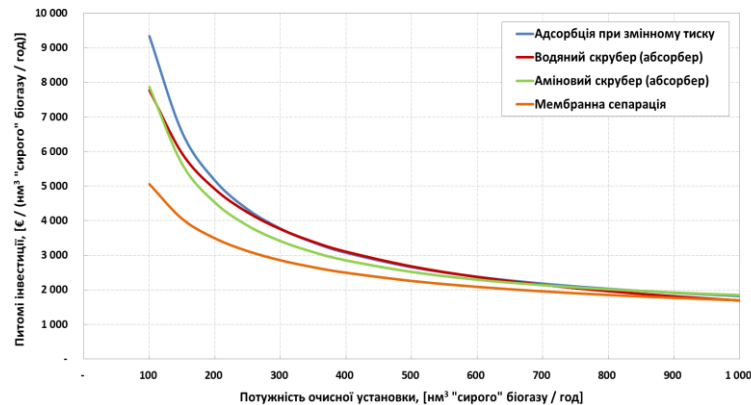


Джерело: Biomethane industrial partnership, 2023

Капітальні витрати на збагачення біогазу



Size Category	1	2	3	4
Біогаз (м.куб/год)	<500	500 – 1300	1300 – 2000	>2000
Біометан (м.куб/год)	<300	300 – 780	780 – 1200	>1200
Біометан (МВт)	<3	3 – 8	8 – 14	>14
Кількість заводів	17	36	7	7

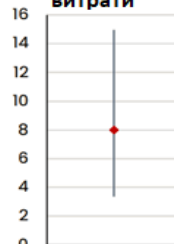


ОРЕХ збагачення біогазу

Операційні витрати збагачення біогазу для розмірної категорії 4

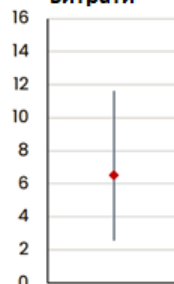


Загальні операційні витрати



Розмірна категорія 2

Загальні операційні витрати



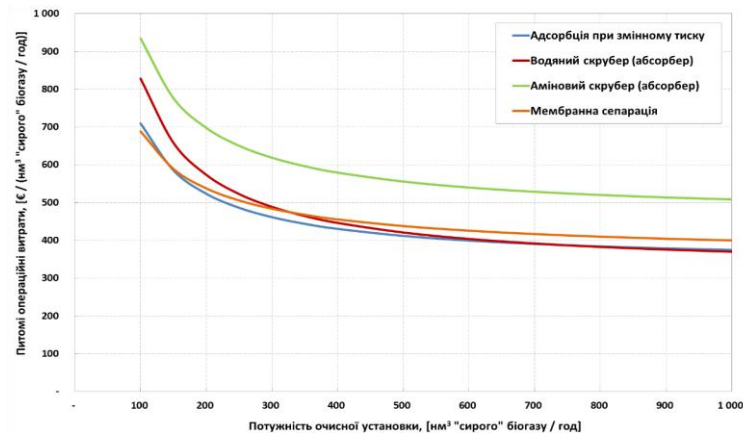
Розмірна категорія 4

Операційні витрати на багачення біогазу



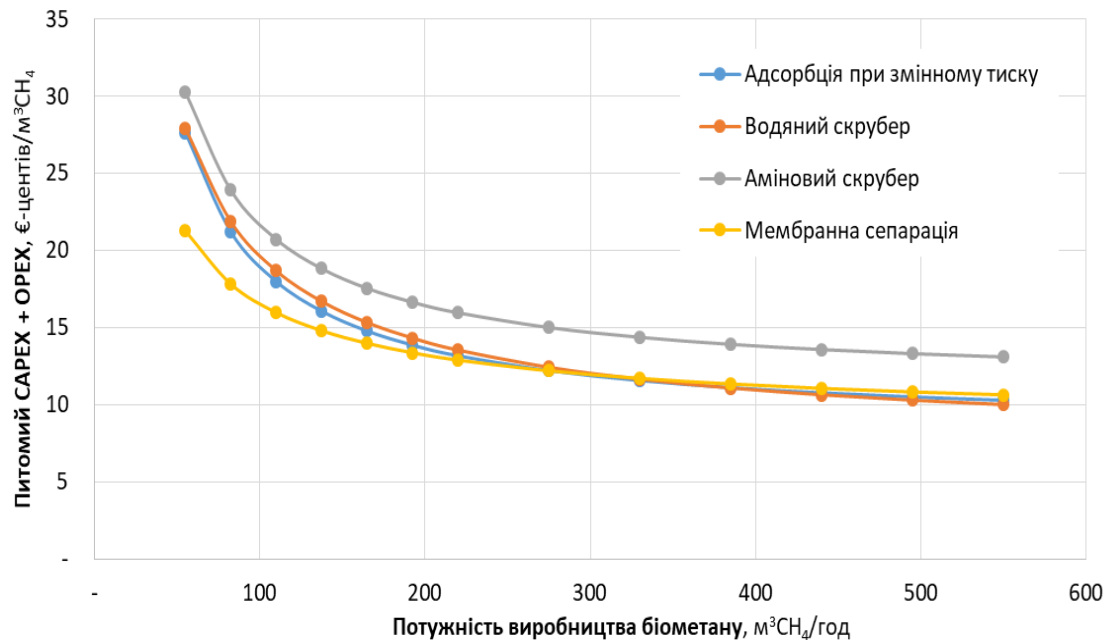
Розмірна категорія	1	2	3	4
Біогаз (м.куб/год)	<500	500 - 1300	1300 - 2000	>2000
Біометан (м.куб/год)	<300	300 - 780	780 - 1200	>1200
Біометан (МВт)	<3	3 - 8	8 - 14	>14
Кількість заводів	17	36	7	7

Операційні витрати збагачення біогазу для розмірної категорії 4

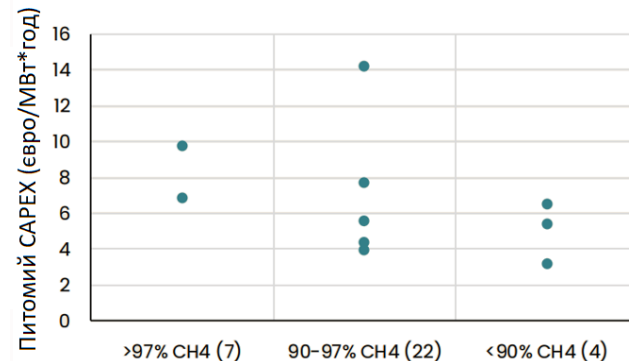


Джерело: Biomethane industrial partnership, 2023

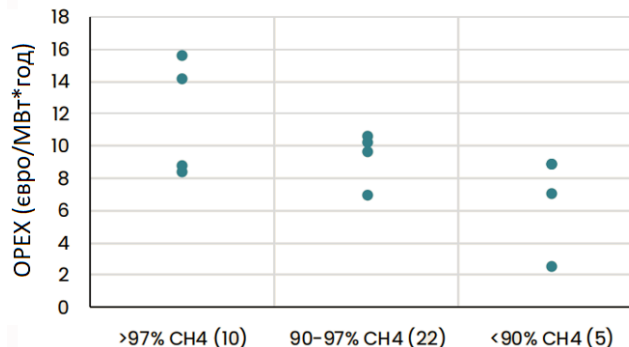
Загальна вартість збагачення біогазу



Вплив % CH₄ в біометані на CAPEX станції збагачення біогазу

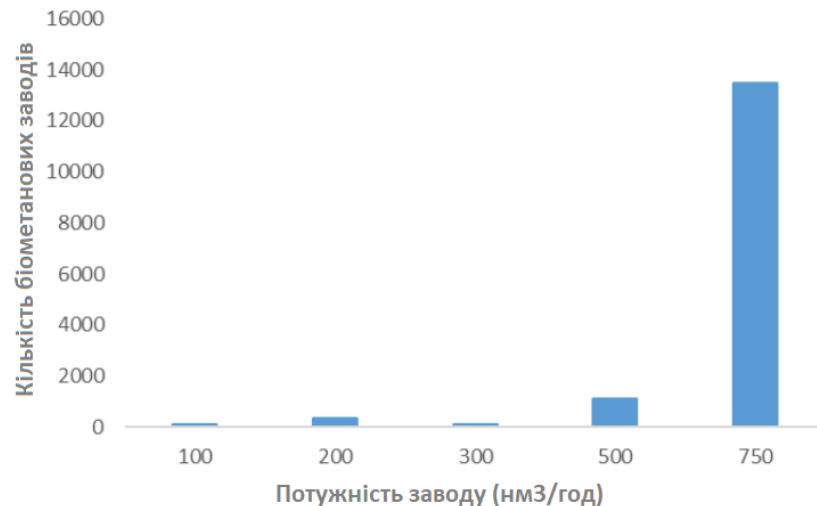
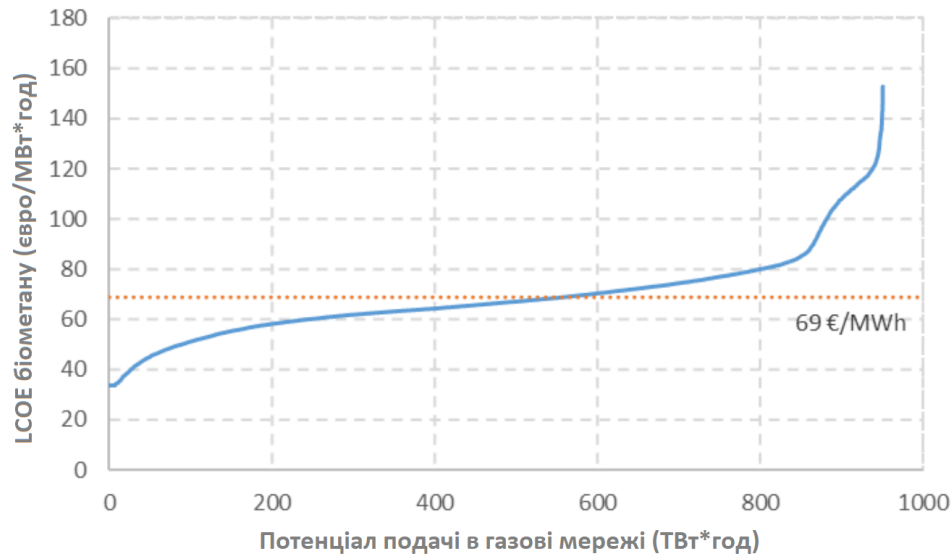


Вплив % CH₄ в біометані на OPEX станції збагачення біогазу



Джерело: Biomethane industrial partnership, 2023

Прогнозна вартість біометану в 2050 р. в ЄС27 +10*

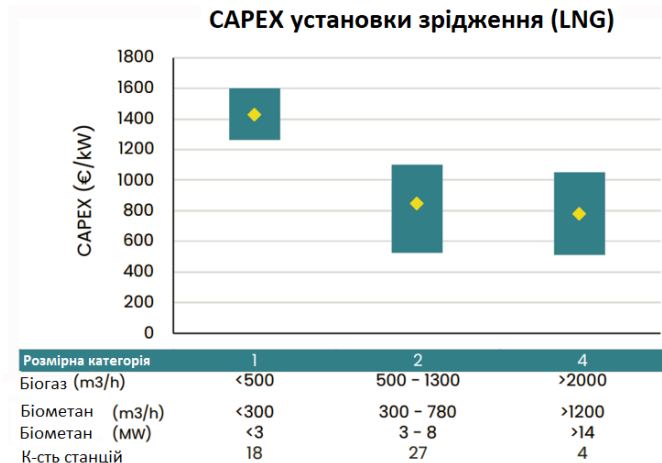
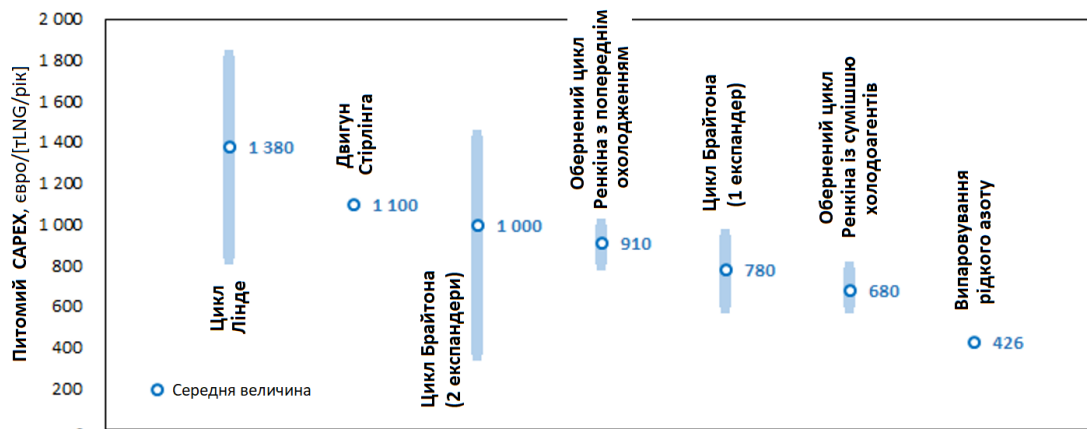


Source: ENGIE, 2021

- Потенціал біометану I-го покоління, який можна подати в газові мережі, може коштувати менше 70 євро/МВт·год (ВТЗ) у 2050 році, при цьому 60% визначеного потенціалу матиме нижчу вартість
- Щоб досягти цієї ціни, знадобиться використання біометанових заводів більшої потужності, ніж та, яка зараз існує

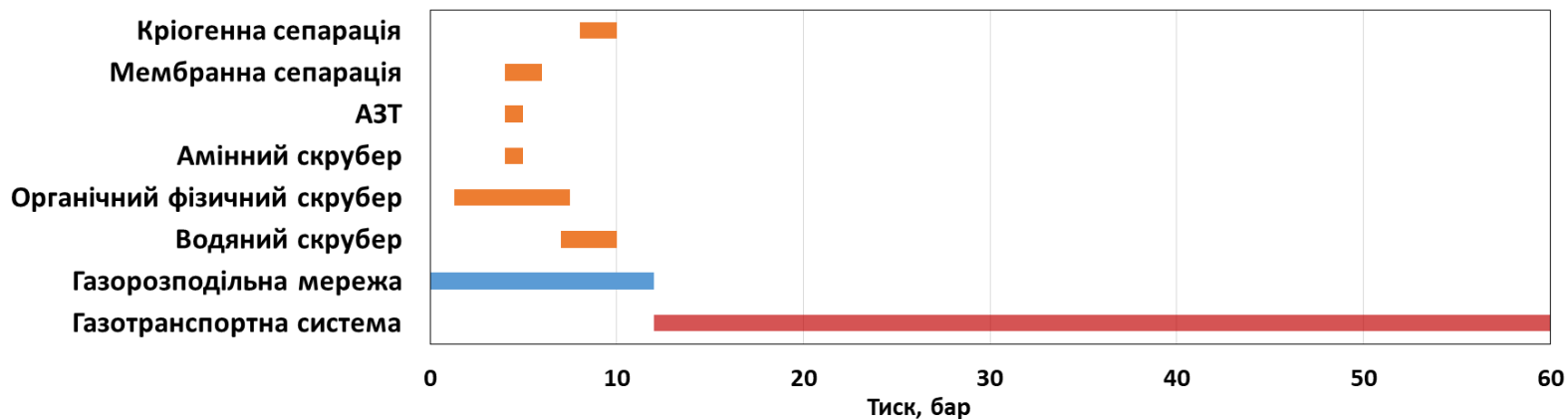
* EU 27 + Albania, Iceland, Macedonia, Montenegro, Norway, Switzerland, Liechtenstein, Turkey, United Kingdom, Serbia

Вартість скраплення біометану

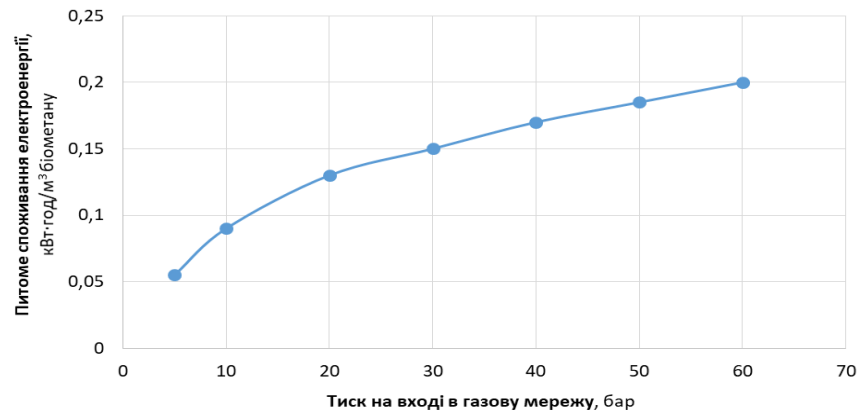


- Річні експлуатаційні витрати на технічне обслуговування установок зрідження біометану можуть становити 2,5...3,0% їх вартості.
- Орієнтовна вартість зрідження біометану для установки потужністю 5 т LNG/добу становитиме приблизно 100 євро/1000 м³CH₄ для систем зі змішаним циклом (SMR) і 250 євро/1000 м³CH₄ для систем з випаровуванням азоту.
- Системи охолодження рідким азотом прості в експлуатації, дешевші, але потребують значних витрат на рідкий азот. Витрата азоту становить близько 1,8 кг на 1 м³ зрідженого біометану.

Вартість стиснення біометану



Витрати електроенергії на стиснення біометану до 5...60 бар становлять 0,55...2% від енергії біометану, відповідно



Вартість транспортування біометану, біо-LNG та LCO₂

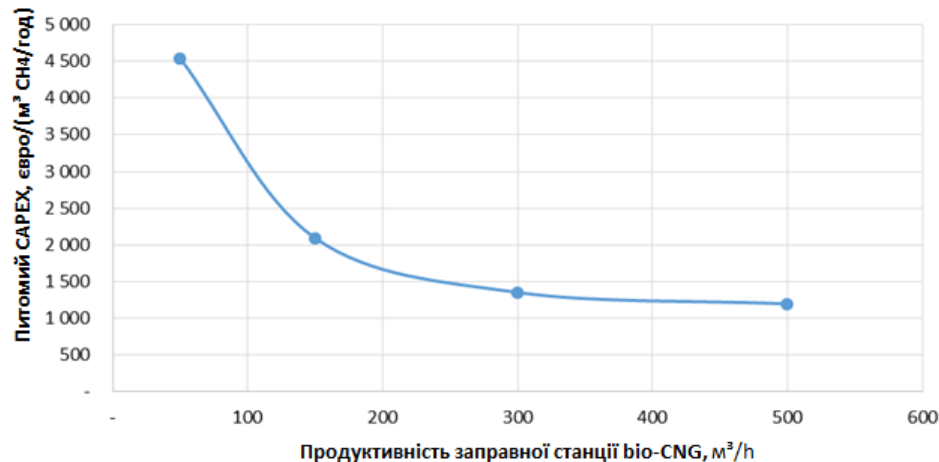
- Тарифи на транспортування природного газу ГТС визначаються Оператором ГТС.
- Тарифи на транспортування природного газу до країн ЄС через кордон України встановлюються на рівні 14,5-15,0 доларів США за 1000 м³ на добу без ПДВ залежно від точки виходу. Підвищувальні та понижуючі коефіцієнти встановлюються також для транспортних послуг.
- Також оператор ГТС встановив тарифи на транспортування газу в межах України. Так, на вході в ГТС газовидобувному підприємству потрібно буде заплатити 101,93 грн (2,7 євро) за 1000 м³/добу, а в точках відбору газу – 124,16 грн (3,3 євро) за 1000 м³/добу (без ПДВ).

Кріогенний напівпричіп-цистерна
ємністю 52 м³ (20 т LNG) для
перевезення зрідженого біометану,
надлишковий тиск 7 бар, вартість ≈
190 тис. євро

Кріогенний напівпричіп-цистерна
ємністю 25 м³ (24 т CO₂) для
перевезення зрідженого CO₂,
надлишковий тиск 22 бар, вартість ≈
110 тис. євро

Витрати на заправні станції CNG / LNG

Продуктивність заправної станції, кг/добу	CAPEX заправної станції, євро		
	CNG	LNG	L-CNG
500	160,000	73,000	150,000
1 000	200,000	93,000	200,000
2 000	250,000	190,000	350,000
5 000	350,000	260,000	500,000
10 000	700,000	350,000	800,000



- Вартість bio-CNG АЗС потужністю 500 м³СН₄/год становитиме приблизно 600 тис. євро. Питомі CAPEX АЗС коливаються від 1200 до 4540 євро/[м³СН₄ /год] при продуктивності від 500 до 50 м³СН₄ /год, відповідно.
- Вартість bio-LNG АЗС в середньому на 80% нижча, ніж вартість bio-CNG заправних станцій з аналогічною продуктивністю. Вартість комбінованої АЗС з одночасною можливістю заправки як bio-CNG так і bio-LNG при малих потужностях 0,5...1,0 т/добу співмірна аналогу на bio-CNG, а на більших – 2,0. ...10,0 т/добу вище в середньому на 30%.
- Середні витрати на стиснення становлять 3,5% енергії біометану. Інші річні експлуатаційні витрати становитимуть до 10 000 євро/рік. Повна орієнтовна вартість заправки bio-CNG (CAPEX + OPEX) може становити 63...106 євро/1000 м³СН₄, при вартості електроенергії 0,15 євро/кВт*год

UABIO

Дякую за увагу!

Біоенергетична асоціація України
uabio.org

e-mail: kucheruk@secbiomass.com