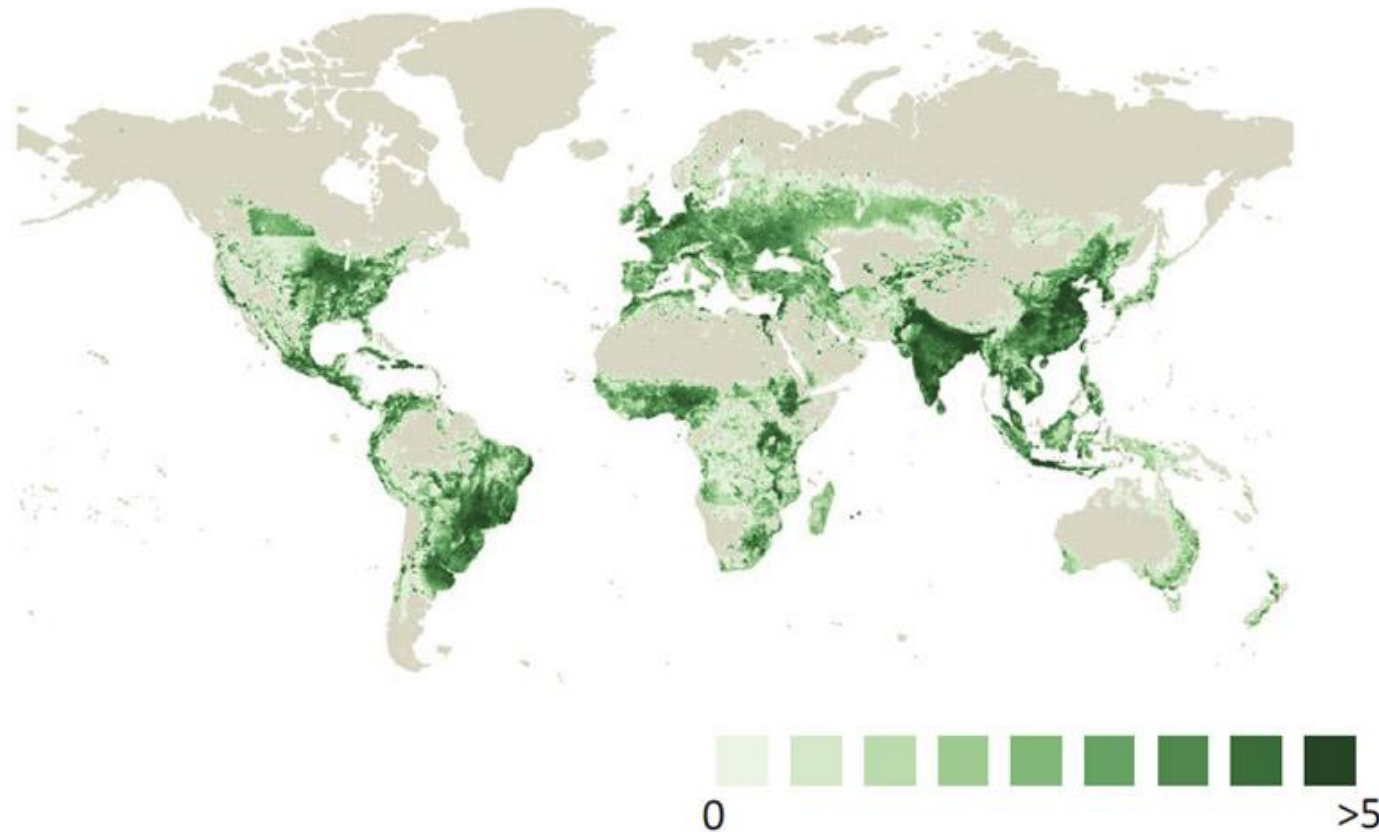


Досвід розвитку біометанових технологій в світі

Юрій Матвеев

Біоенергетична Асоціація України
(UABIO)

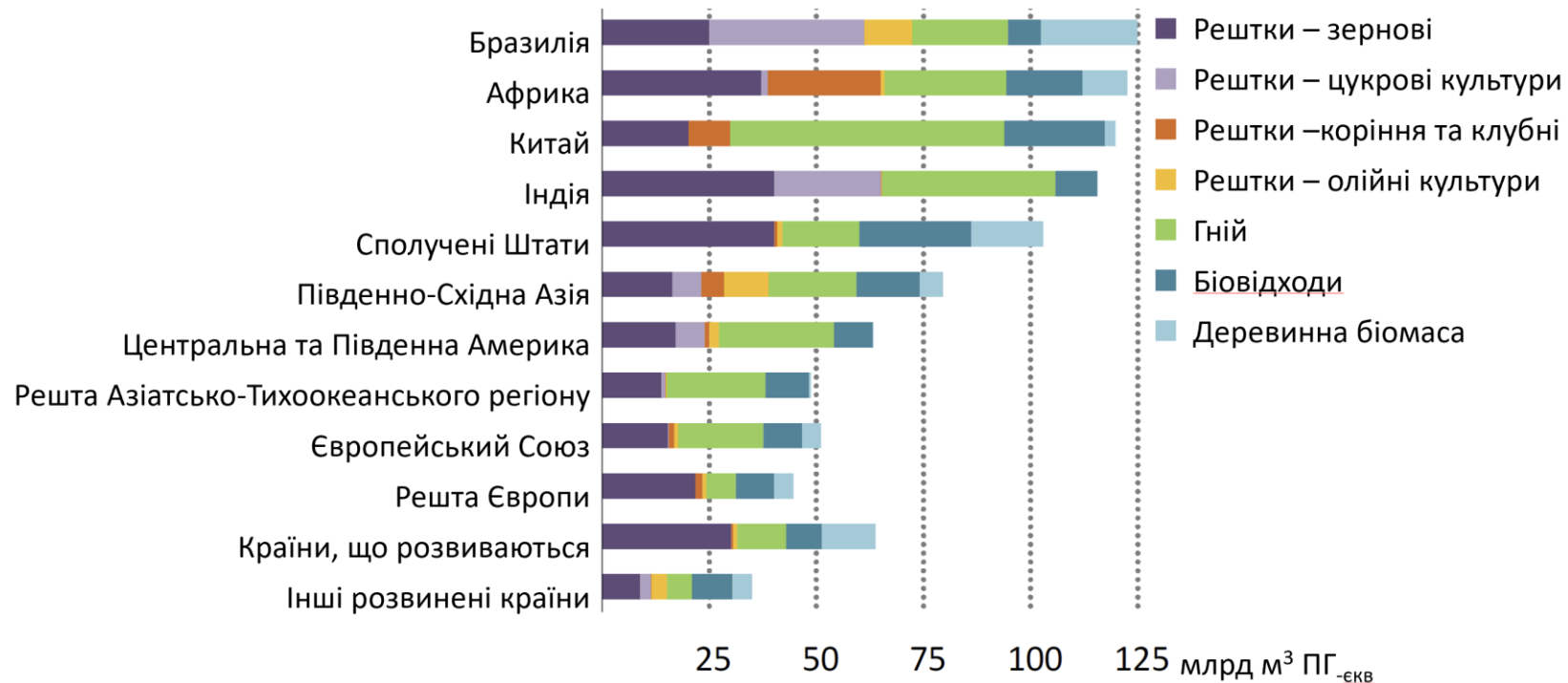
Просторова щільність потенціалу виробництва біогазу/біометану за регіонами світу, 2024



- Найкращий потенціал виробництва біогазу/ біометану в світі є в південно-східній Азії, Китаї, Індії, Бразилії, США, а також в Європі, включаючи Україну
- Хороший потенціал – це понад 5 млн м³ на 100 км² (500 м³/га)
- Наприклад, в Україні в цілому середній потенціал 3,6 млн м³ на 100 км².
- У таких областях як Вінницька, Тернопільська, Черкаська, Хмельницька, Київська – понад 6 млн м³ на 100 км²

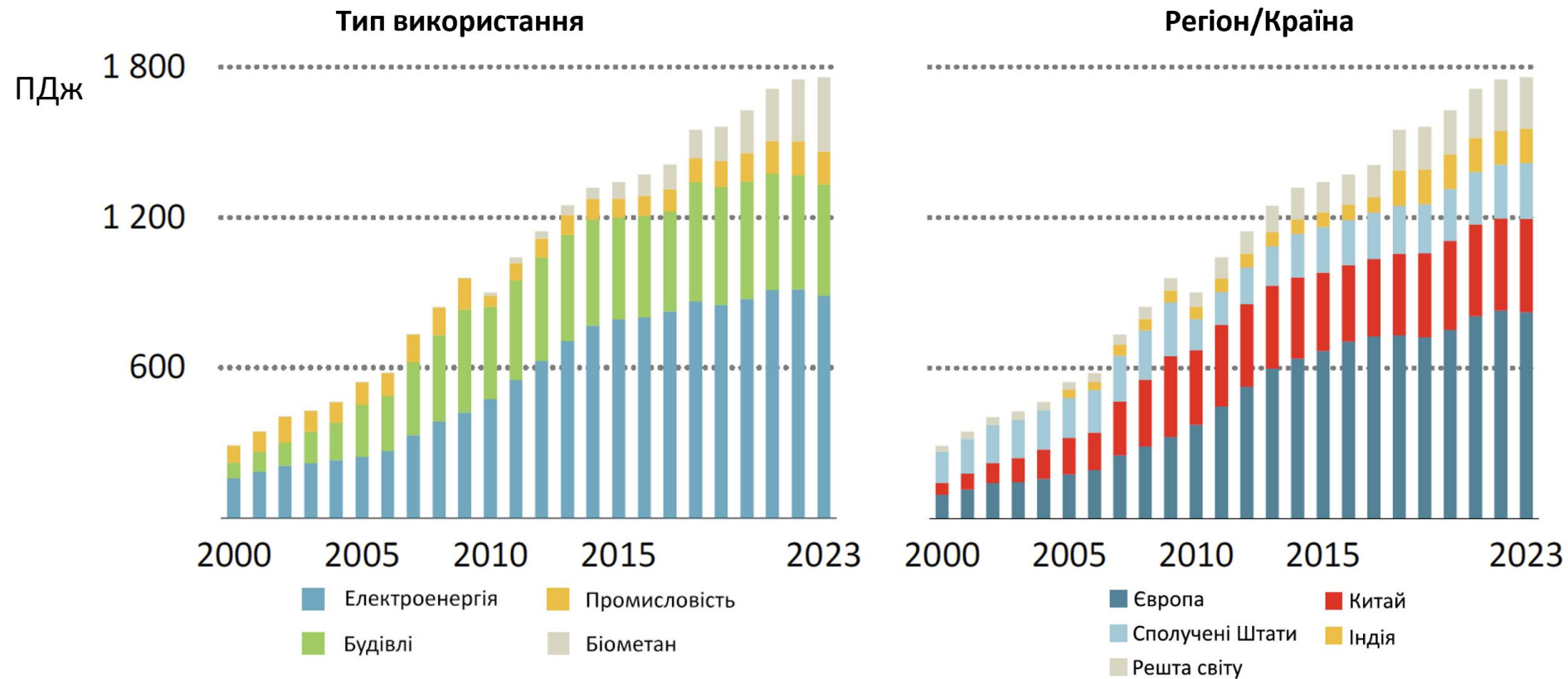
Загальний потенціал виробництва біометану
(мільйонів м³ на 100 км²)

Потенціал виробництва біогазу/біометану за регіонами та типами сировини, 2024



- Майже 80% сталого потенціалу виробництва біогазу належить країнам, що розвиваються, на чолі з Бразилією, Китаєм та Індією.
- Наприклад, потенціал Індії майже вдвічі перевищує її поточне споживання природного газу.
- Наразі використовується близько 5% загального потенціалу.
- Європейський Союз використовує найбільшу частку свого потенціалу – близько 40%.

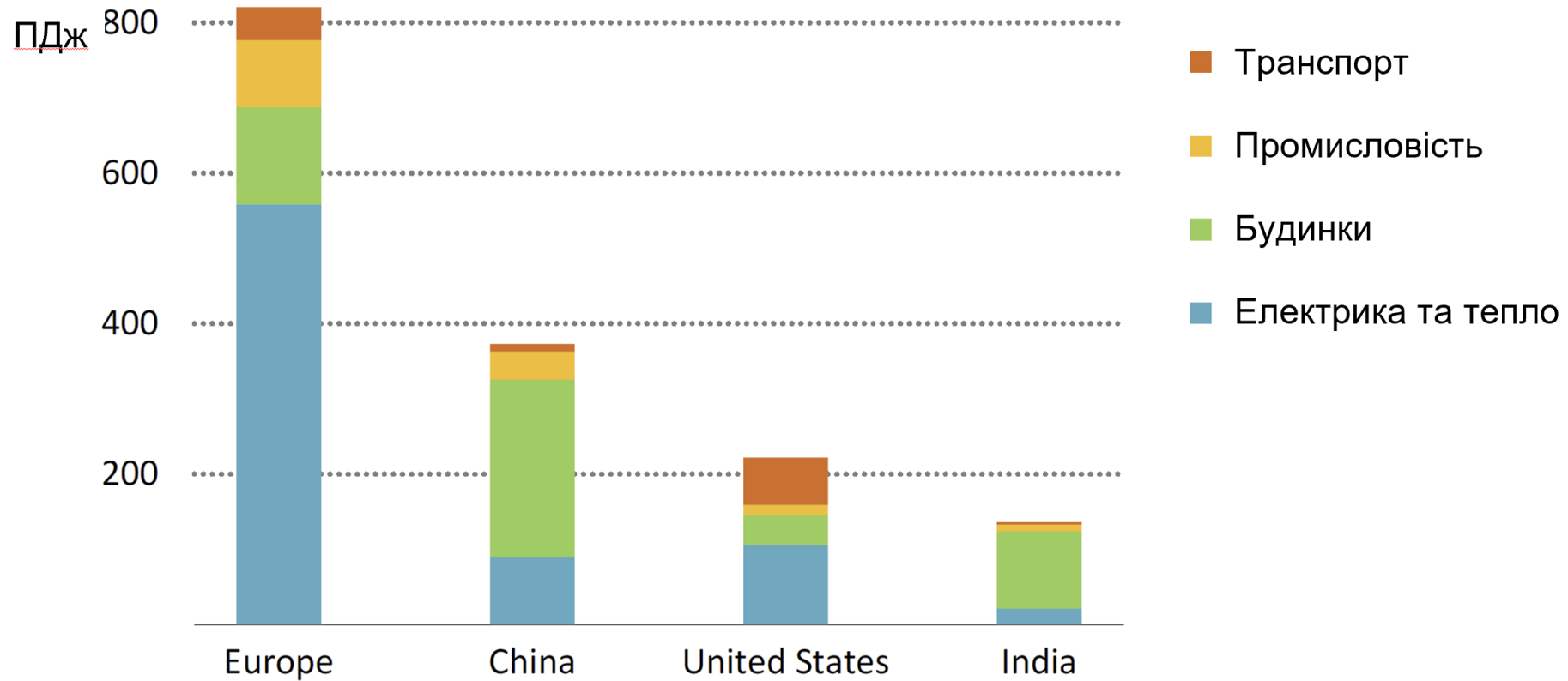
Виробництво і використання біогазу та біометану, 2000-2023



- Історично біогаз використовувався для виробництва електроенергії, зростаюча частка біогазу збагачується до біометану.
- Європа виробляє майже 50% світового біогазу, Китай - другий ринок, США - третій
- Сучасне виробництво біогазу в світі відповідає 1% попиту на природний газ

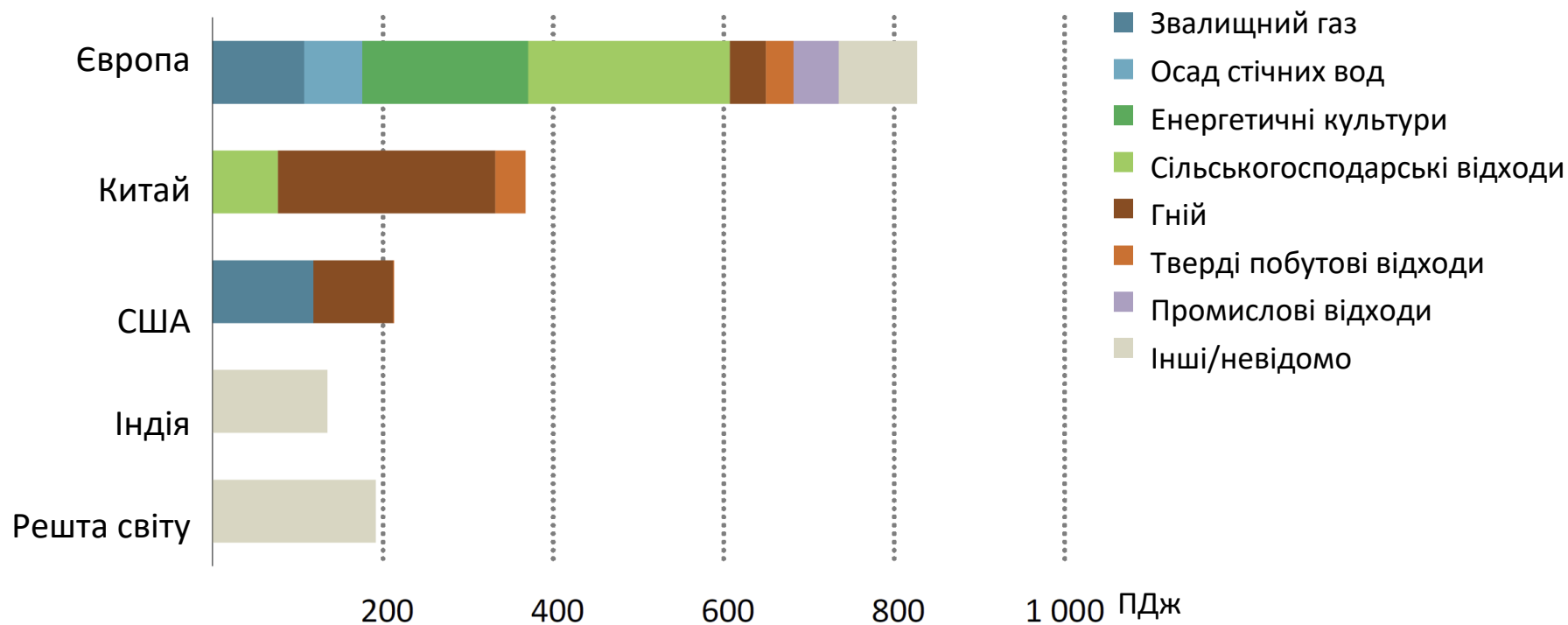
1 млрд м³ БМ = 36 ПДж

Використання біогазу та біометану в країнах лідерах, 2023



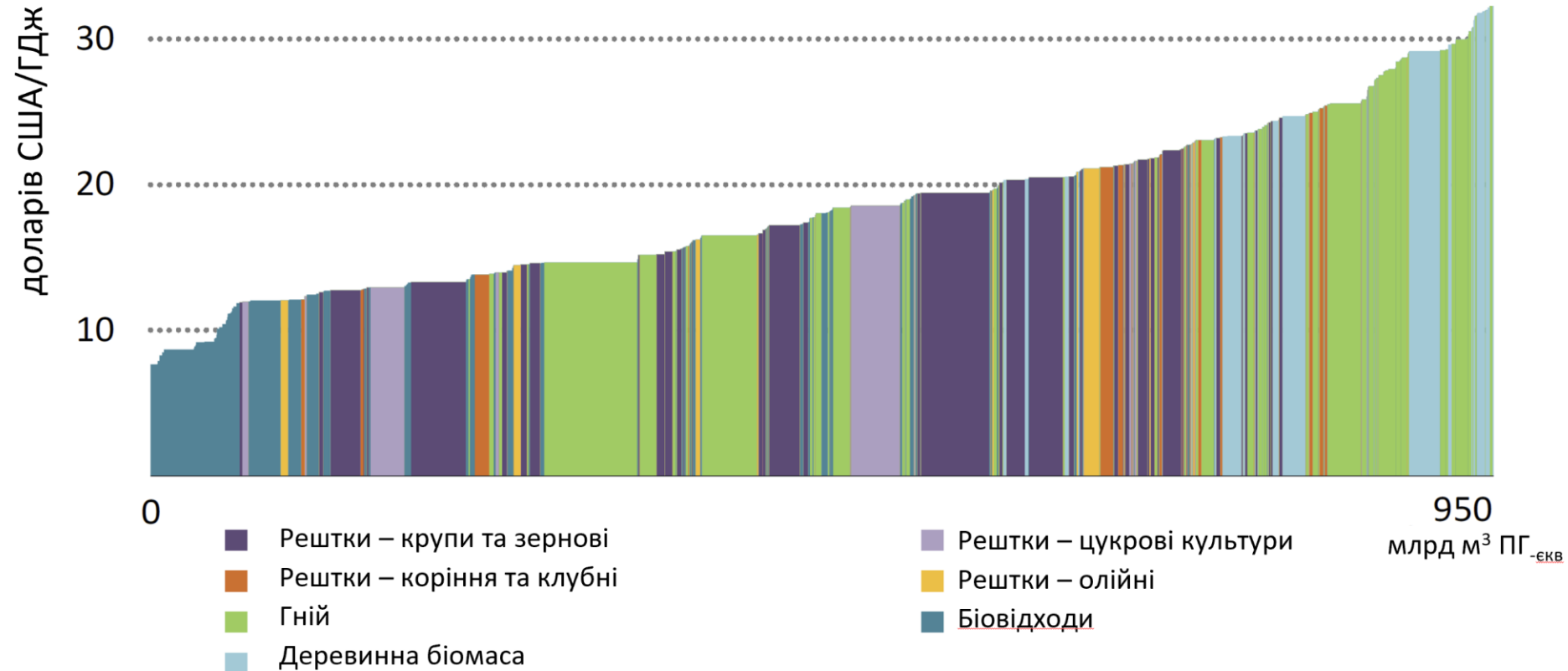
- На Європу припадає майже половина світового попиту на біогаз, більша частина якого призначена для когенерації.
- Китай, Сполучені Штати та Індія забезпечують 80% решти попиту.
- Роль біометану як транспортного палива велика у США та Європі.

Використання сировини для виробництва біогазу за вибраними країнами та регіонами, 2023



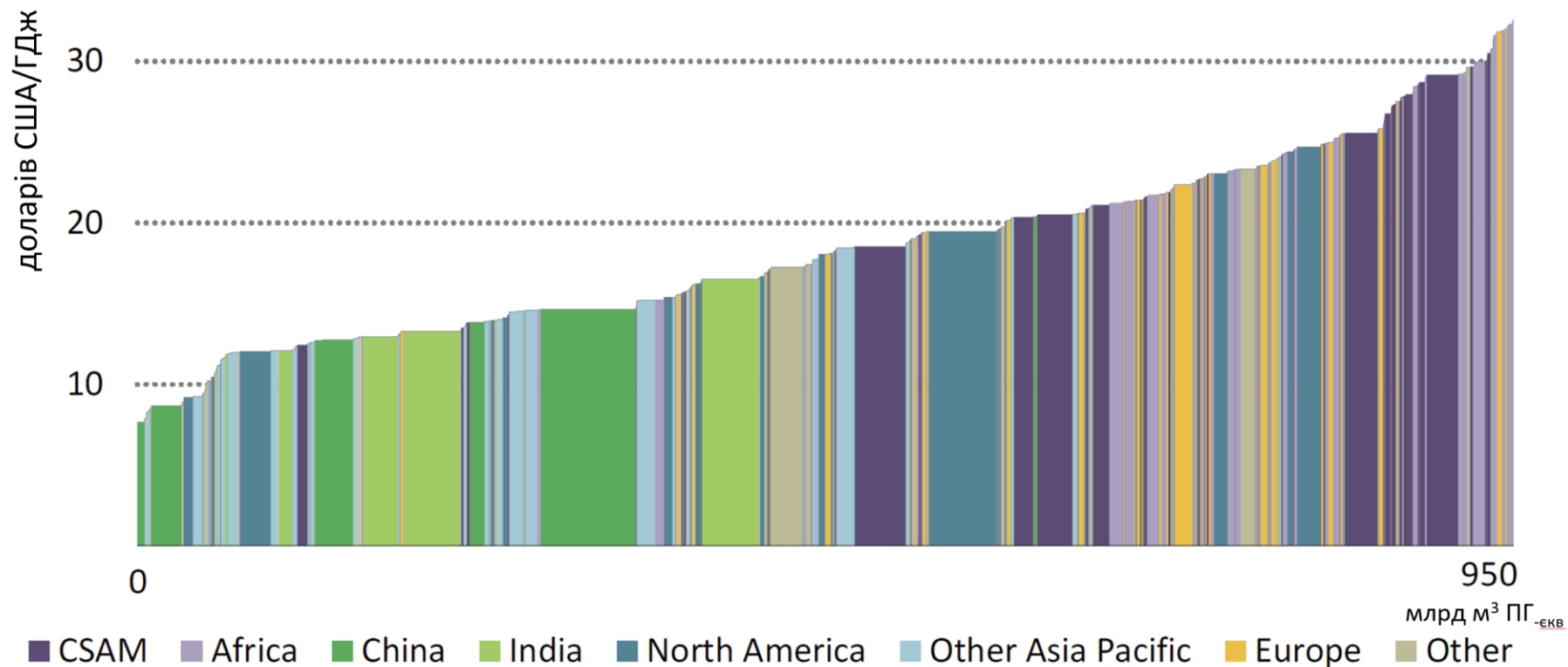
- Європа представляє найбільш універсальний набір сировини для виробництва біогазу, включаючи звалищний газ, шлам стічних вод, енергетичні культури, сільськогосподарські відходи, гній, тверді побутові та промислові відходи.
- Рослинні сільськогосподарські відходи та залишки використовуються переважно в Європі та Китаї.
- Китаї – розвинуте тваринництво, США – переважно звалищний газ

Крива вартості глобального потенціалу біометану за домінуючою сировиною, 2024



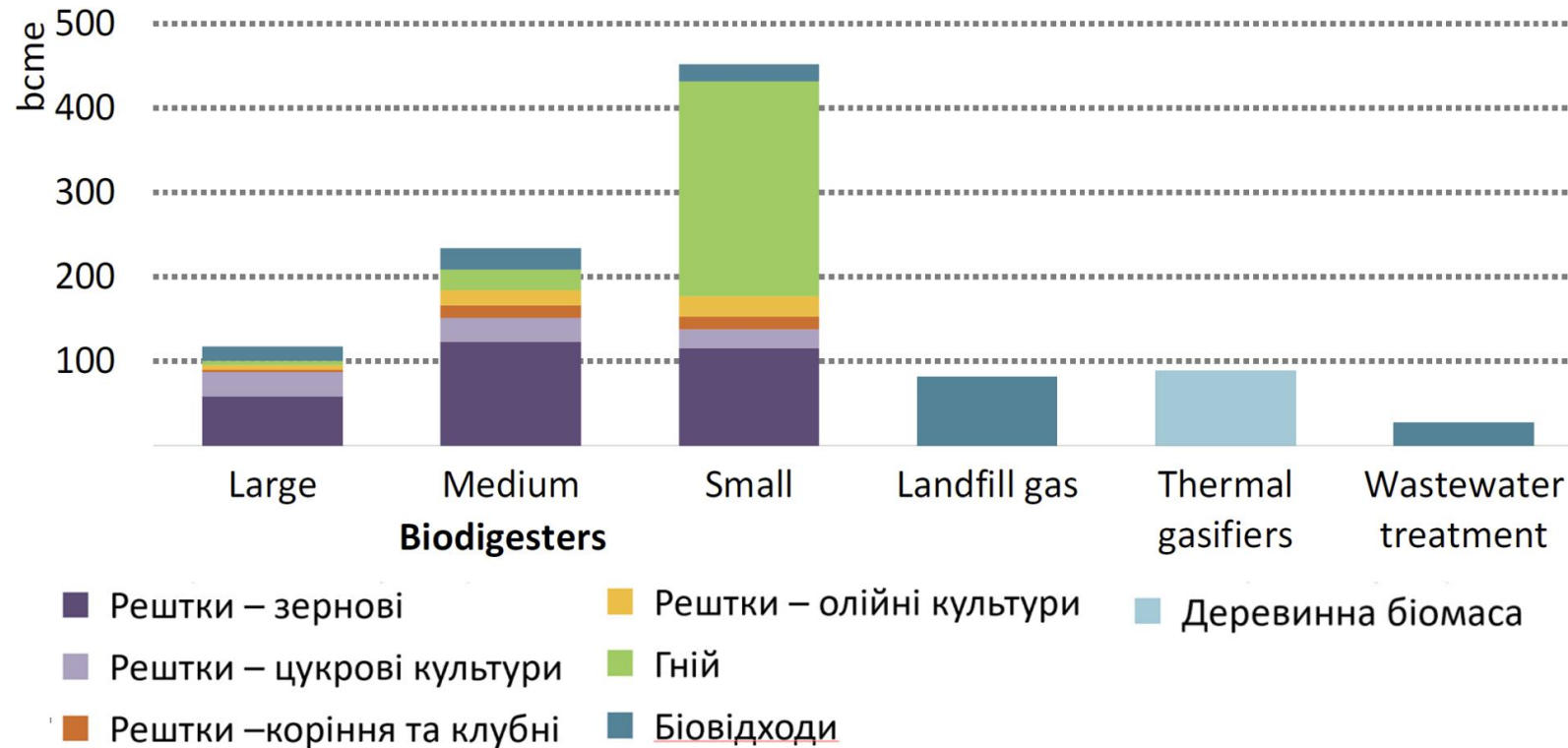
- Загальний потенціал виробництва біогазу/біометану – 950 млрд м³ ПГ_{ЕКВ}. Це чверть світового попиту на природний газ на сьогодні.
- У світовому масштабі витрати на виробництво біометану коливаються у відносно широкому діапазоні від 8 до 32 доларів США/ГДж (290-1150 доларів США/1000 м³ БМ) => 1000 м³ БМ = 36 ГДж
- У середньому біометан можна виробляти за ціною 18 доларів США за ГДж (500 доларів США/1000 м³ БМ). Це нижче за ціни на газ для кінцевих споживачів на багатьох ринках та еквівалентно приблизно 100 доларам США за барель нафти.

Крива вартості глобального потенціалу біометану за країнами та регіонами, 2024



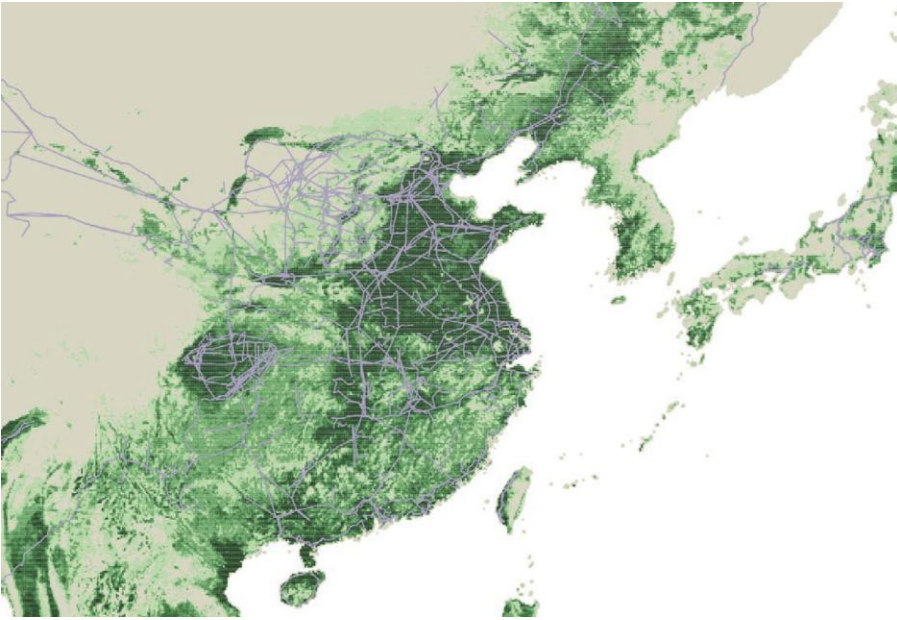
- Близько 300 млрд м³ біометану, або 7% світового попиту на природний газ, можна виробляти за ціною менше 15 доларів США/ГДж. Більшість найдешевшого потенціалу знаходиться в країнах, що розвиваються.
- Майже 40 млрд м³ біометану можна було б виробляти у цих країнах за ціною, що дорівнює або нижчою за поточні оптові ціни на природний газ. Це приблизно в 4-5 разів перевищує поточний рівень виробництва біометану в світі

Розподіл глобального потенціалу біогазу за типами установок

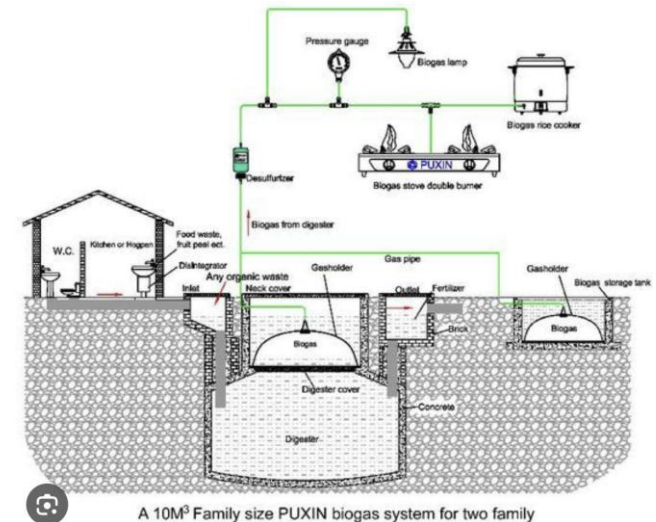
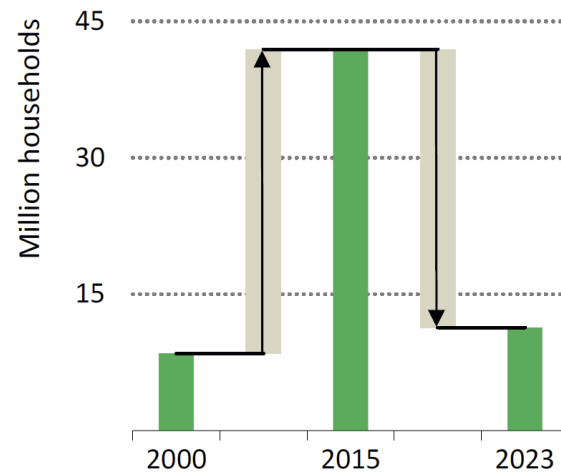


- Повний розвиток потенціалу біогазу вимагає поєднання різних видів технологій, залежно від масштабу, виду та радіуса збору доступної сировини.
- Більшість потенціалу пов'язана з сільськогосподарськими відходами і залишками, розмір установок обмежує вартість логістики сировини

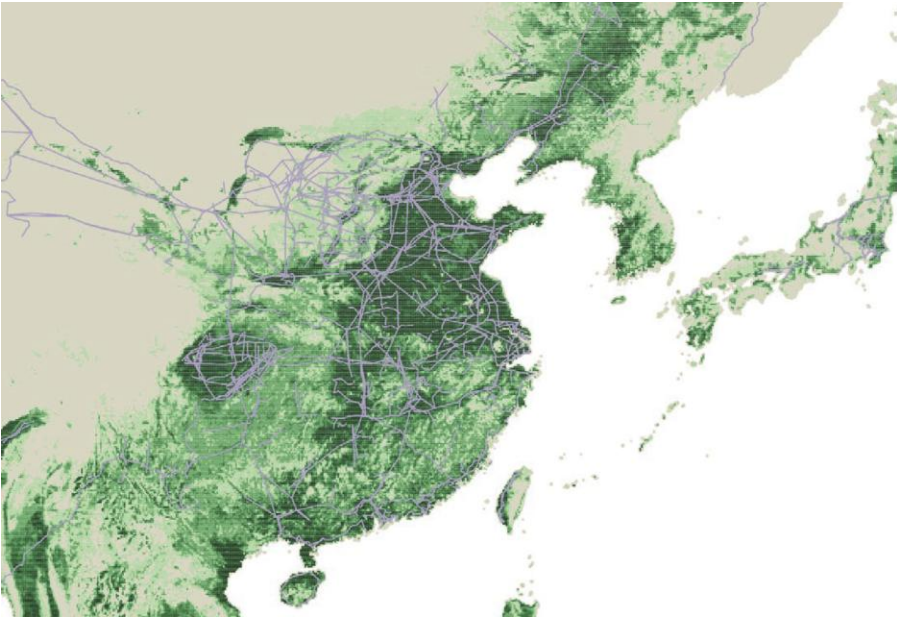
Біогаз і біометан у Китаї



- Використання біогазу на рівні домогосподарств просувалося у 2000-х з широким впровадженням малих біогазових установок у сільській місцевості для забезпечення паливом для приготування їжі та покращення методів поводження з відходами.
- З середини 2010-х років стратегії державного фінансування змістилися в бік середньо- та великомасштабних промислових проектів.
- Відбулась масштабна відмова від малих БГУ - понад 30 мільйонів одиниць вийшли з експлуатації до 2023 року. Причини: урбанізація, розширення газової мережі та відсутність належного технічного обслуговування.
- Наразі Китай виробляє близько 10 млрд м³ біогазу на рік. Очікується, що до 2035 року Китай досягне 15 млрд м³ на рік виробництва біометану (порівняно з 1 млрд м³ сьогодні).



Біогаз і біометан у Китаї



Політичні та регуляторні рушійні сили

- Китай включив біогаз/біометан до своїх національних планів розвитку сільських районів, контролю забруднення та переходу на низьковуглецеву енергетику.
 - Біогаз є частиною «Планів дій щодо контролю викидів метану» та «Запобігання та контроль забруднення в сільській місцевості».
 - Керівні думки щодо сприяння індустріалізації біогазу (2019) - стратегії впровадження та встановлює **цілі щодо біогазу: 10 млрд м³ до 2025 року та 20 млрд м³ до 2030 року**.
 - У 14-му п'ятирічному плані розвитку відновлюваної енергетики (2021-2025) Китай наголошує на створенні системи підтримки зелених, низьковуглецевих, циркулярних енергетичних систем — біогаз/біометан є частиною цього.
-
- Вдосконалюються Нормативні акти та стандарти, розробляється політика щодо технічних стандартів, сировини, правова/нормативна база.
 - План дій щодо контролю викидів метану (2023) - сприяє скороченню відходів шляхом їх використання на біогазових/біометанових установках. Встановлює **ціль використання 85% відходів тваринництва та птахівництва до 2030 року**.
 - Повідомлення про план будівництва пілотного округу «Сільська енергетична революція» (2023) - вимагає від пілотних провінцій впровадження планів щодо збільшення виробництва сонячної, вітрової та біоенергії у сільській місцевості.

Біогаз і біометан у Китаї



Jiangsu Xinyi - біогаз з гною тваринного походження

- Проект Цзянсу Сінї (Jiangsu Xinyi), розроблений для **обробки гною худоби та рослинних залишків**, має загальні інвестиції у розмірі 8,4 мільйона євро та займає площу близько 47 000 м².
 - **Добова потужність обробки становить близько 1040 тон** (260 т курячого гною, 160 т качинового гною, 460 т свинячого гною та 40 т рослинних залишків).
 - 826 тонн зброджуються у чотирьох вертикальних мезофільних реакторах CSTR об'ємом 5000 м³ зі спеціальною конструкцією відділення піску, а 214 тонн компостуються. Загальний вміст твердих речовин (TS) становить 8–10%.
-
- Система очищення біогазу складається з двох установок біологічної десульфуризації (діаметр 4 м, висота 12 м) та однієї установки хімічної десульфуризації з добовою потужністю обробки 22 000 м³. Вміст H₂S знижується з 10 000 ppm до 20 ppm.
 - Біогаз зберігається в подвійному мембранному газовому резервуарі та використовується для опалення або переробляється на біометан за допомогою мембранної системи для подачі в мережу природного газу.
 - Після розділення дигестату на тверду/рідку фракції, рідка фракція (737 тон/доба) використовується для внесення на поля після певного періоду зберігання.
 - Тверда фракція (63 тон/доба) змішується з 40 тонами рослинних залишків (арахісова шкаралупа, рисове лушпиння, солома тощо) та обробляється в системі компостування/дезодорації для виробництва комерційних добрив. Загальний річний обсяг виробництва комерційних добрив, що відповідає китайському стандарту органічних добрив, становить 24 000 тонн.

Біогаз і біометан у Китаї



Біогазовий проект у місті Yicheng, Hubei

- Біогазовий проект у Хубей Ічен (Yicheng, Hubei) **використовує рисову соломку як основну сировину**, а гній худоби та птиці, відходи фруктів та овочів, залишки крохмалю та відходи харчової промисловості як додаткові матеріали для змішаної ферментації.

- Біогазова установка щорічно переробляє **56 000 тонн сировини**, та щорічно виробляє **12,25 млн м³ біогазу**, **5 млн м³ біометану**, **6,4–11,5 ГВт·год електроенергії** та **30 000 тон дигестату**.
- У проекті використовується багатоступенева технологія анаеробного зброджування з високим завантаженням, що долає труднощі спільного обробки різних типів сировини. Встановлено шість анаеробних резервуарів об'ємом 17 182 м³ та місткістю для зберігання сировини 13 000 м³.
- Частина біогазу використовується для мембранного збагачення і впорскування в газову мережу (15 000 м³ біометану на день).
- Інша частина очищується для когенераційних установок з виробництва електроенергії (потужність 800 кВт та 637 кВт).
- Рідка та тверда фракції дигестату використовуються для покращення ґрунту.

Використання кукурудзяної та рисової соломи в Китаї (Харбін)



Початок будівництва – 2019

Состав БГУ - 12 реакторів CSTR*

Виробництво біогазу – 80 000 м³/день

Проект реалізовано у два етапи, із загальною потужністю виробництва електроенергії 8 МВт

Сировина:

- Суміш кукурудзяної та рисової соломи
- Проектна потужність по сировині – 95 000 т/рік

Обробка соломи

- подрібнення
- Ферментація (гідроліз) та перемішування

* CSTR - Continuous Stirred Tank Reactor



Початок будівництва – 2022

Девелопер - WABIO

Територія будівництва – 13 га

Встановлена потужність – 30 МВт

Виробництво біометану з отриманням біо-CNG

Сировина:

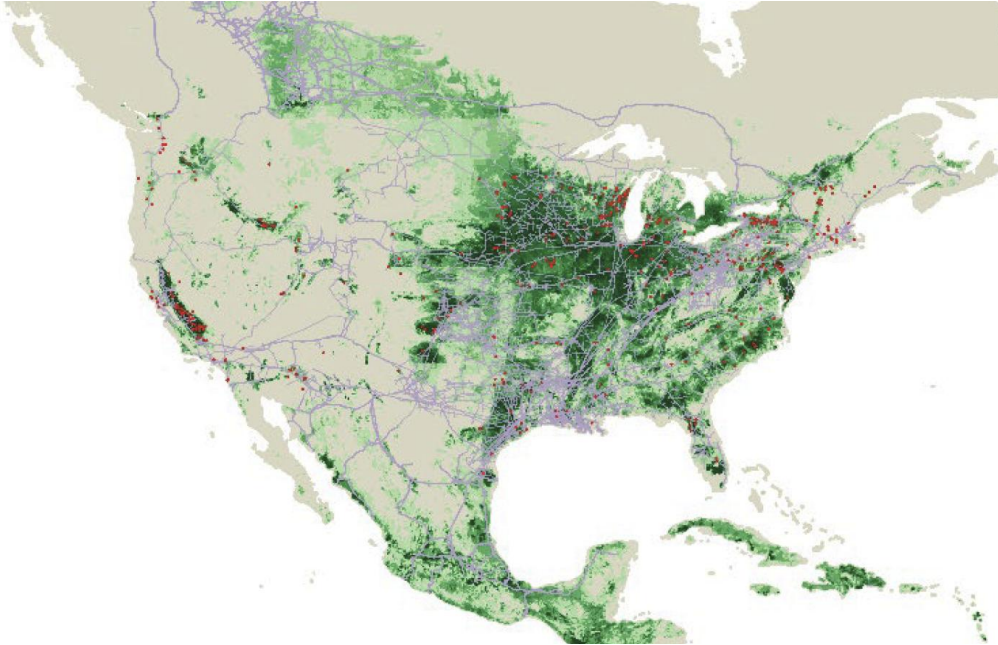
- Кукурудзяна солома – 58 000 т/рік
- Рисова солома – 58 000 т/рік

Обробка соломи

- подрібнення
- ферментація (гідроліз) та перемішування

Загальні інвестиції – 43 мільйони євро

Біогаз і біометан у США



📄 Кінцеве використання

- Транспорт (стиснутий відновлюваний природний газ, особливо в Каліфорнії)
- Виробництво електроенергії
- Промисловість та будівлі шляхом закачування в газову мережу

Можливості в:

- Важкому транспорті
- Розвитку сільської економіки
- Виробництві палива з негативним викидом вуглецю

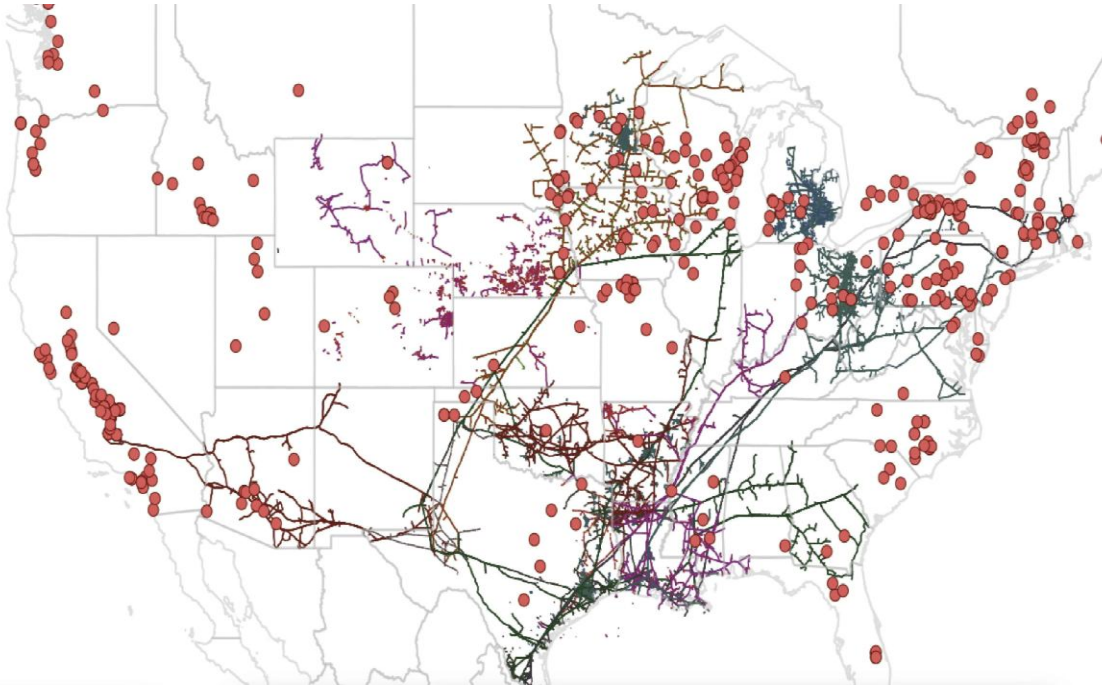
🔗 Огляд виробництва

- США входять до трійки провідних світових виробників біогазу
- Загальний обсяг виробництва (2023): ~ 6 млрд м³ біогазу та біометану
- Включає ~ 3 млрд. м³ біометану — трикратне збільшення з 2017 року
- На кінець 2024 року в США працювало 2478 біогазових установок, щонайменше по одній у кожному штаті.
- З них 566 установок перетворюють біогаз на відновлюваний природний газ (RNG), тоді як 1418 виробляють електроенергію.

📄 Сировина та технології

- ~ 50% біогазу в США надходить від збору звалищного газу.
- Зростання використання сільськогосподарських відходів — спрямоване на зменшення викидів метану від худоби.
- Нові проекти зосереджені на молочному виробництві та харчових відходах

Біогаз і біометан у США

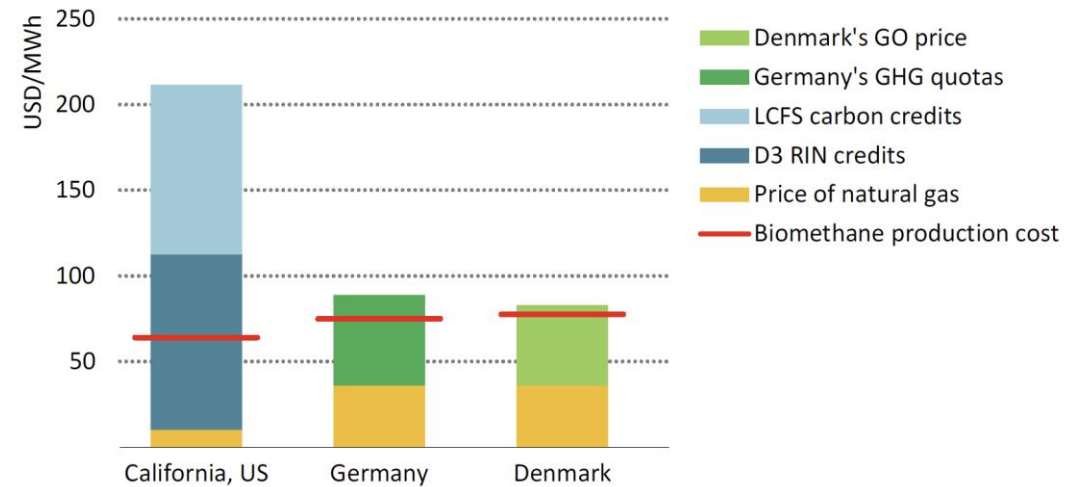


Перспективи

Очікується, що ринок біометану в США продовжуватиме швидко зростати до 2035 року.

Політична підтримка - федеральні та державні стимули:

- **Renewable Fuel Standard (RFS)** надає ідентифікаційні номери ВДЕ (RIN).
- **Inflation Reduction Act** (Закон про скорочення інфляції) пропонує податкові пільги.
- **California's Low Carbon Fuel Standard (LCFS)** стимулює використання біометану в транспортному секторі.
- Кілька потоків доходів, що можна об'єднати, роблять США одним з найприбутковіших ринків біометану.



Біометановий завод VERBIO Nevada Biorefinery, США



Рік запуску – 2021 (2022)

Об'єм реакторів – $16 \times 10600 \text{ м}^3$

Виробництво біометану –
680 ГВт·год/рік

Сировина

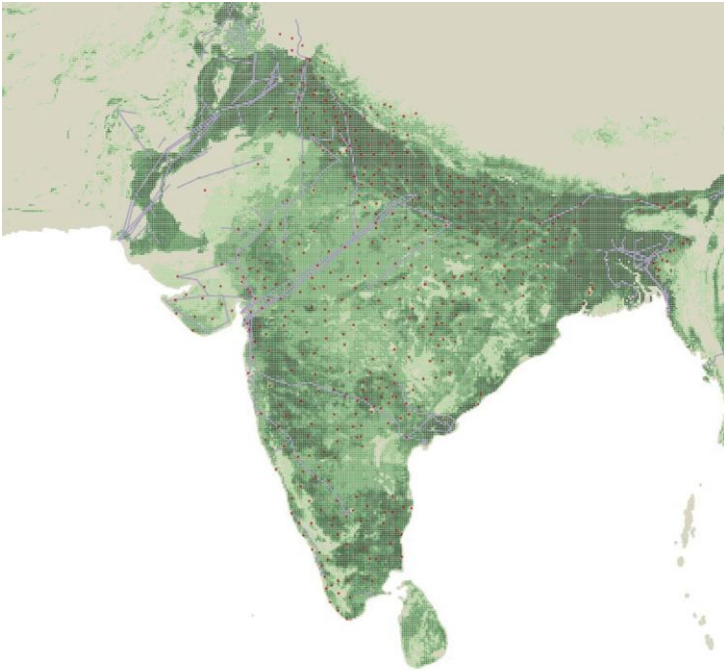
- Кукурудзяна солома - 75 000 – 100 000 т/рік

Обробка сировини – подрібнення (молотковий млин) та термічна обробка гарячою водою. Вода використовується при підвищених температурах (160–240°C) та високому тиску

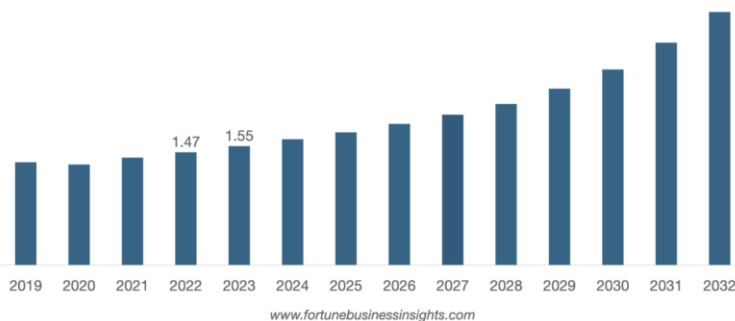
Солома постачається місцевими фермерами. Солом'яні тюки збираються в радіусі 80-120 км

Загальні інвестиції – 35+80 мільйони євро (два етапа)

Біогаз і біометан в Індії



India Biogas Market Size, 2019-2032 (USD Billion)



- Індія орієнтується на біогаз як спосіб управління відходами, одночасно підвищуючи енергетичну безпеку, і **прагне розширити використання стиснутого біометану у транспортному секторі (bio-CNG/СПГ)**.
- Індія має один з найбільших у світі ринків СПГ у транспорті, з близько **7,7 мільйонами транспортних засобів**, що працюють на СПГ.
- У 2023 році в автомобільному транспорті було **спожито 7,6 млрд м³ СПГ**, що майже на 40% більше, ніж у 2021 році
- Індія запровадила **цільове значення 5% змішування біометану для стисненого природного газу**, щоб зменшити залежність від імпортного палива та покращити якість повітря та управління відходами.
- Затверджено обов'язкове змішування біометану з природним газом, яке має поступово збільшитися з 1% у 2025 році до 5% від загального споживання СПГ та природного газу, що транспортується трубопроводами, до 2028 року (Міністерство нафти та природного газу, 2023). Якщо це буде досягнуто, це означатиме виробництво **близько 1 млрд м³ біометану у 2028 році**,
- Існує близько 0,5 млрд. м³ на рік потужностей для отримання біометану, близько 1 млрд. м³ на рік будується, планується ще 14 млрд. м³ на рік.

Біогаз і біометан у Бразилії

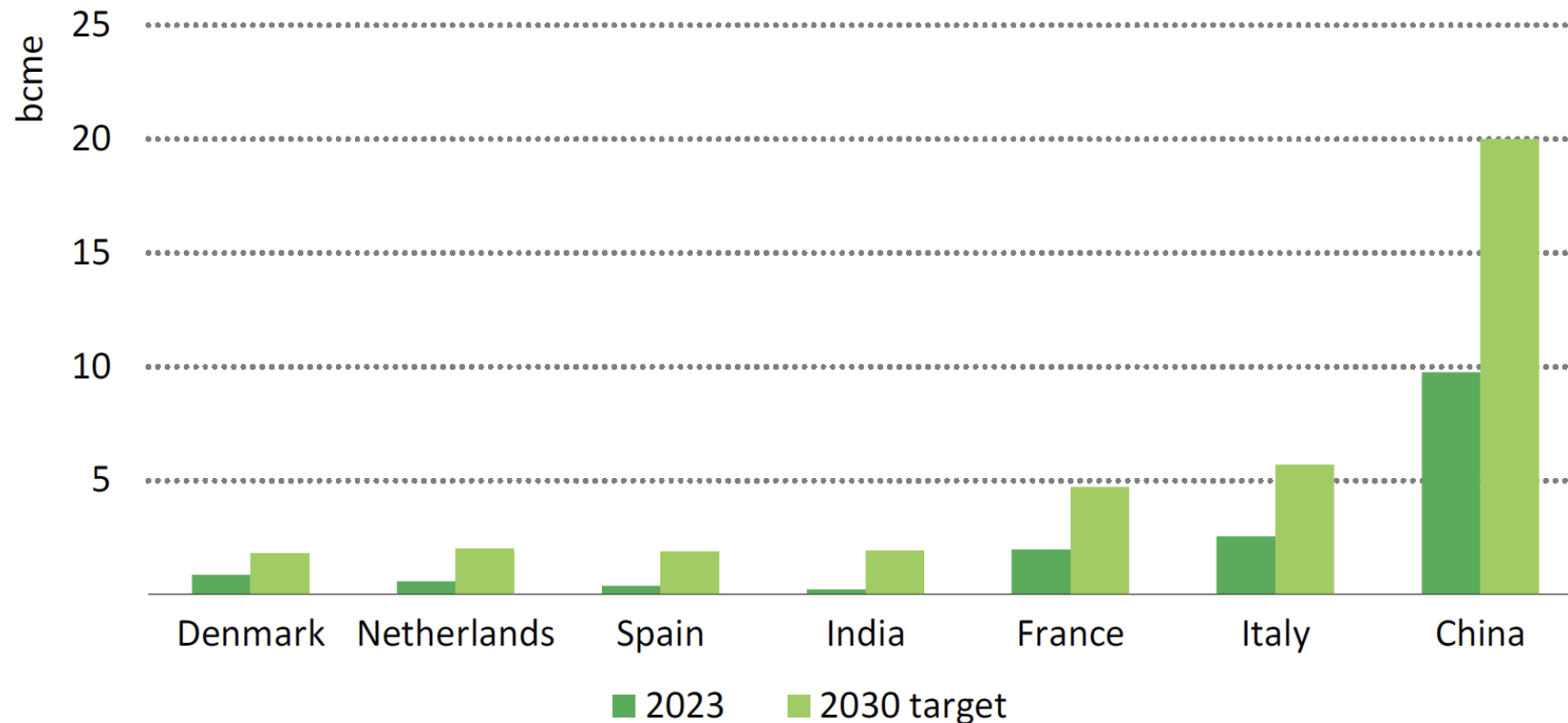


- Бразилія створила один з найуспішніших ринків біопалива для транспорту у світі, виробляючи понад **35 мільярдів літрів біоетанолу щорічно та змішуючи до 15% біодизеля з дизельним паливом (B15)** по всій країні. Програма виробництва етанолу, впровадження гнучкого палива для автопарку та підтримуюча політика створили потужний внутрішній та експортний ринок біопалива.
- Річне виробництво біогазу – **близько 0,7 млрд м³** – залишається відносно невеликим. Більша частина виробництва біогазу надходить зі звалищ, але також існує потенціал для виробництва біогазу з барди, яка є побічним продуктом етанольної промисловості.
- Очікується зростання завдяки квотним зобов'язанням у рамках нового закону країни «Паливо майбутнього» (**10% біометану в мережі природного газу до 2034 року**).
- Бразилія вже використовує біогазові установки як невелике джерело гнучкості енергетичної системи. У муніципалітеті Сан-Мігел-ду-Ігуасу біогазова установка підключена до мікромережі (Itaipu Binacional, 2019). Якщо відбувається раптове скорочення виробництва сонячної та вітрової енергії, установка використовується для виробництва електроенергії для сусідніх споживачів.

Вибрані бізнес-моделі розвитку біогазу та біометану в країнах, що розвиваються

Бізнес-модель	Ключові учасники	Політичні стимули	Супутні вигоди	Приклад
Біогаз як транспортне паливо	Уряди	Мандати щодо змішування	Зменшення забруднення повітря. Підвищення стабільності цін на паливо	Індійський ринок біо-СПГ (стиснений природний газ)
Підвищення гнучкості електроенергетики	Комунальні підприємства	Облік електроенергії в електромережі, FiT («зелений» тариф)	Підвищення стабільності цін на електроенергію	Міні-мережа в муніципалітеті Сан-Мігель-ду-Ігуасу (Бразилія)
Використання дигестату як біодобрива	Фермери та кооперативи	Сертифікації на біогаз	Підвищення родючості ґрунту та стійкості рослин	Індонезійська програма утилізації біогазу
Покращення управління міськими відходами	Муніципалітети	Вуглецеві кредити та система торгівлі викидами (ETS)	Зменшення забруднення повітря. Дешеве та стале джерело енергії	Місто Indore (Індор, Індія)
Використання в промисловості	Малі та середні підприємства, спиртові заводи та виробники продуктів харчування	GOs (гарантії походження)	Нижчі витрати на енергію. Власне виробництво	Цукрова тростина (Бразилія)
Біогаз як чисте паливо для приготування їжі	Домогосподарства, агентства розвитку та неурядові організації	Гранти та субсидії	Зменшення витрат на паливо Збільшення вільного часу	Програма партнерства з біогазу в Африці

Виробництво біогазу у 2023 році та цілі на 2030 рік у вибраних країнах



- Досягнення цілей на 2030 рік може збільшити виробництво біометану більш ніж удвічі.
- Це може довести частку біометану в газових мережах приблизно до 15% у Франції або 100% у Данії.

Виробництво біогазу та біометану (огляд)

Тенденції виробництва та розвитку ринку

- Глобальне виробництво у 2023 році: ~ 50 млрд. м³ біогазу та біометану.
- Виробництво біометану ~ 10 млрд. м³/рік, щорічно зростаючи ~ на 20%, найбільші виробники: Європа, Китай, США та Індія.

Глобальний потенціал

- З існуючих відходів можна було б виробляти щорічно до 1000 млрд. м³ сталого біогазу/біометану.
- 80% цього потенціалу знаходиться в країнах, що розвиваються, зокрема в Індії, Китаї та Бразилії.
- Наразі використовується лише 5% цього світового потенціалу.

Вартість та конкурентоспроможність

- Середня вартість біометану: ~ 18 доларів США за ГДж, лише невелика його частина є конкурентоспроможною за ціною.
- Економічна ефективність покращується з урахуванням супутніх переваг, таких як скорочення викидів та використання дигестату. З ціною CO₂ у 50 доларів США за тонну, до 280 млрд м³ біометану може бути конкурентоспроможною альтернативою природному газу. (70 доларів США за тонну => 400 млрд м³ біометану)
- Біогаз і біометан мають відносно високі експлуатаційні витрати та витрати на сировину (близько двох третин від загальної приведеної собівартості виробництва). Іншими словами, значна частина коштів, витрачених на виробництво витрачається на оплату праці, послуги та ланцюги постачання сировини, а це означає, що більша частина вартості товару генерується локально протягом тривалого періоду часу.

Виробництво біогазу та біометану (огляд)

📋 Політика та інвестиції

- З 2020 року в усьому світі запроваджено понад 50 нових підтримуючих політик (субсидії, податкові пільги, зелені сертифікати та інші обов'язкові заходи).
- ЄС має амбітні цілі щодо біометану (наприклад, 35 млрд м³ до 2030 року).
- Індія зобов'язує використовувати 5% біометану в сумішах до 2028 року.
- Бразилія планує досягти 10% біометану в мережі природного газу до 2034 року
- Каліфорнія – 12% RNG в мережі до 2030 року
- Франція – 4% до 2028 року

📊 Перспективи до 2035 року

- Біометан – це найшвидше зростаюча форма біоенергії.
- Ринки, що розвиваються, забезпечують найбільше зростання; очікується значне зростання Індії та Китаю.
- Глобальний ринок біогазу у 2024 році оцінювався в 65 мільярдів доларів і, як очікується, продовжуватиме зростати приблизно на 4,2% на рік принаймні до 2032 року.

UABIO

Дякую за увагу!

Біоенергетична асоціація України
uabio.org

e-mail: matveev@uabio.org