

**Представлення Аналітичної записки
«№3 Виробництво передового біометану з мікрководоростей вирощених на дигестаті
біогазових станцій в Україні», Вебінар 26.09.2025**

Можливості виробництва біометану з мікрководоростей

Георгій Гелетука, д.т.н.

Голова правління Біоенергетичної асоціації України

UABIO

Біоенергетична асоціація України –
неприбуткова громадська спілка, яка
об'єднує бізнес та експертів для
розвитку біоенергетики в Україні.

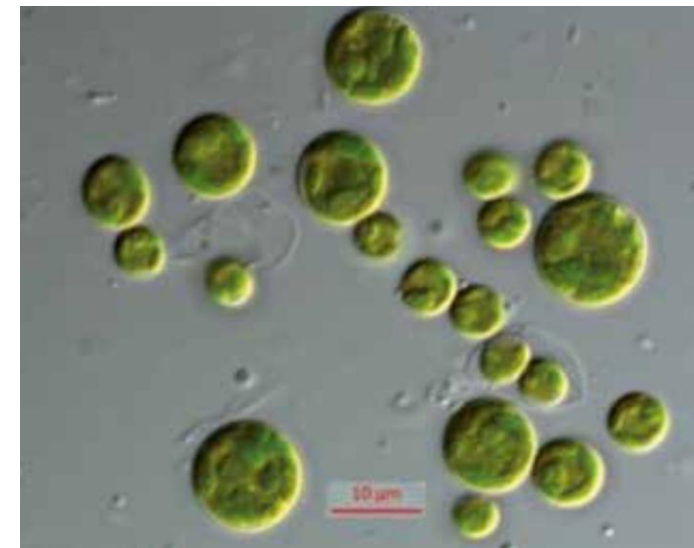
12
років

60
компаній



Переваги мікробіодоростей для виробництва біометану

- Відсутність конфлікту з харчовими ланцюгами людини чи тварин.
- Високий вміст **вуглеводів, білків і жирів**.
- Здатність до росту у водних середовищах, таких як **стічні води**, прісна та солонна вода.
- Створюють довгостроковий метод генерації O₂ і використовують його у фотосинтетичному диханні для зменшення викидів CO₂
- Мікробіодорості містять вищий вміст ліпідів у перерахунку на суху вагу порівняно з олійними культурами, такими як соєві боби. Крім того, цикл росту та культивування мікробіодоростей становить 15 днів у порівнянні з соєвими бобами, для яких цей цикл відбувається один або два рази на рік.
- **Водорості, якщо їх культивують на землі в ставках або фотобіореакторах** - сировина з Директиви RED II, Додаток 9, яка підлягає подвійному обліку – виробництво біопалив третього покоління. (Directive RED II, Annex 9, Part A).
https://lexpency.org/eu/32018L2001/ANX_IX/



Chlorella sp. (**2-10 мікрон**)



Spirulina sp. (**> 100 мікрон**)

Мікробіодорості мають вищу ефективність фотосинтезу, ніж наземна біомаса.

Фотосинтетичне перетворення неорганічного CO₂ у метаболічну енергію (яка накопичується у формі вуглеводів і ліпідів) є основою продуктивності водоростей. Мікробіодорості, подібно до наземних рослин, ростуть і розмножуються завдяки фотосинтезу. Фотосинтез — це процес, у якому світлова енергія перетворюється на хімічну завдяки поглинанню атмосферного CO₂ відповідно до такої реакції:



Отримані в процесі фотосинтезу цукри перетворюються на інші клітинні компоненти (ліпіди, вуглеводи та білки), що формують клітинну масу водоростей.

Мікробіодорості здатні перетворювати сонячне світло на хімічну енергію з високою фотосинтетичною ефективністю — **6–8%**, у порівнянні з наземною біомасою — **1,8–2,2%.***

* Фотосинтетична ефективність. [Studies in Surface Science and Catalysis, 2020.](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/photosynthetic-efficiency#:~:text=2.1%20Biological%20and%20Biochemical%20Properties,(1.8%25%E2%80%932.2%25).)

[https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/photosynthetic-efficiency#:~:text=2.1%20Biological%20and%20Biochemical%20Properties,\(1.8%25%E2%80%932.2%25\).](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/photosynthetic-efficiency#:~:text=2.1%20Biological%20and%20Biochemical%20Properties,(1.8%25%E2%80%932.2%25).)

Продуктивність мікробіодоростей та врожайність традиційної біомаси *

	Продуктивність	Вихід
Кукурудза	5 – 13 г/(м²·добу) (сухих речовин; цілої рослини)	9 – 23 т ОСР/(га · рік) 6 місяців вирощування
Мікро- водорості	10 – 50 г СР/(м²·добу) Відкриті системи: 10 – 25 г СР/(м ² ·добу) Закриті системи: 35 – 40 г СР/(м²·добу) Тонко плівкові системи: 80-100 г СР/(м²·добу)	45 – 60 т ОСР/(га · рік) Вирощування круглий рік

* Перспективи виробництва біогазу з водоростей. Париж: IEA.2015

<https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/a-perspective-on-algal-biogas/>

Ринки та ціни мікробіодоростей як сировини

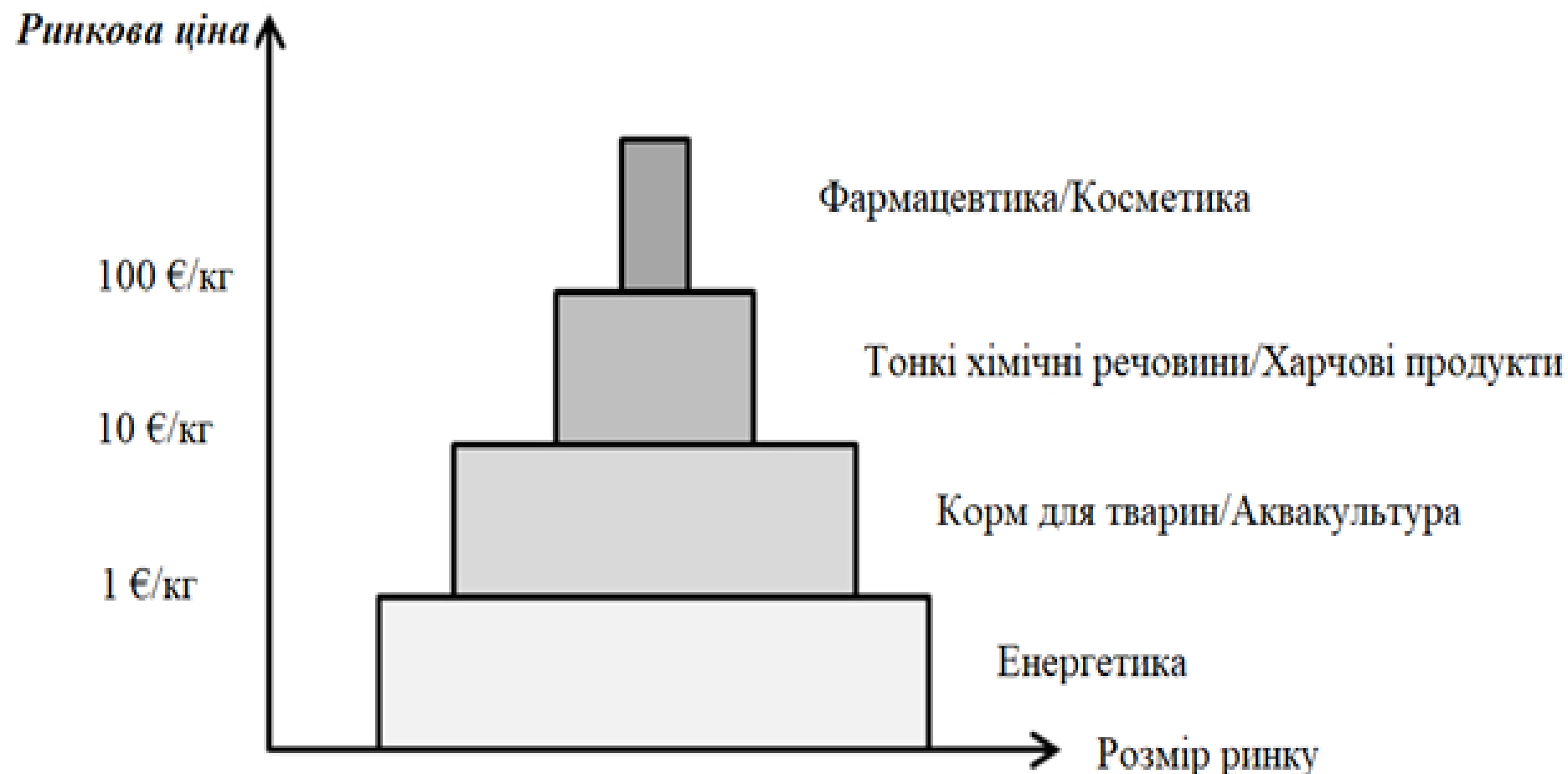


Рис. 2. Ринки та ціни мікробіодоростей як сировини для виробництва

Виробництво біометану та біогазу з різних видів мікроводоростей *

Вид	Температура [°C]	Вихід біогазу [L/kg VS]	Вихід CH ₄ [L/kg VS]	Вміст CH ₄ [%]
Chlorella kessleri		335 ± 8	218	65
Chlorella vulgaris	28 – 31		310 – 350	68 – 75
Spirulina	35		320 – 310	
Spirulina maxima	35		190 – 340	

Теоретичний потенціал біометану становить приблизно 470-800 м³ CH₄/т VS. Експериментальні дослідження також показали, що продуктивність може досягати 337, 450, або 587 м³ CH₄/т VS **.

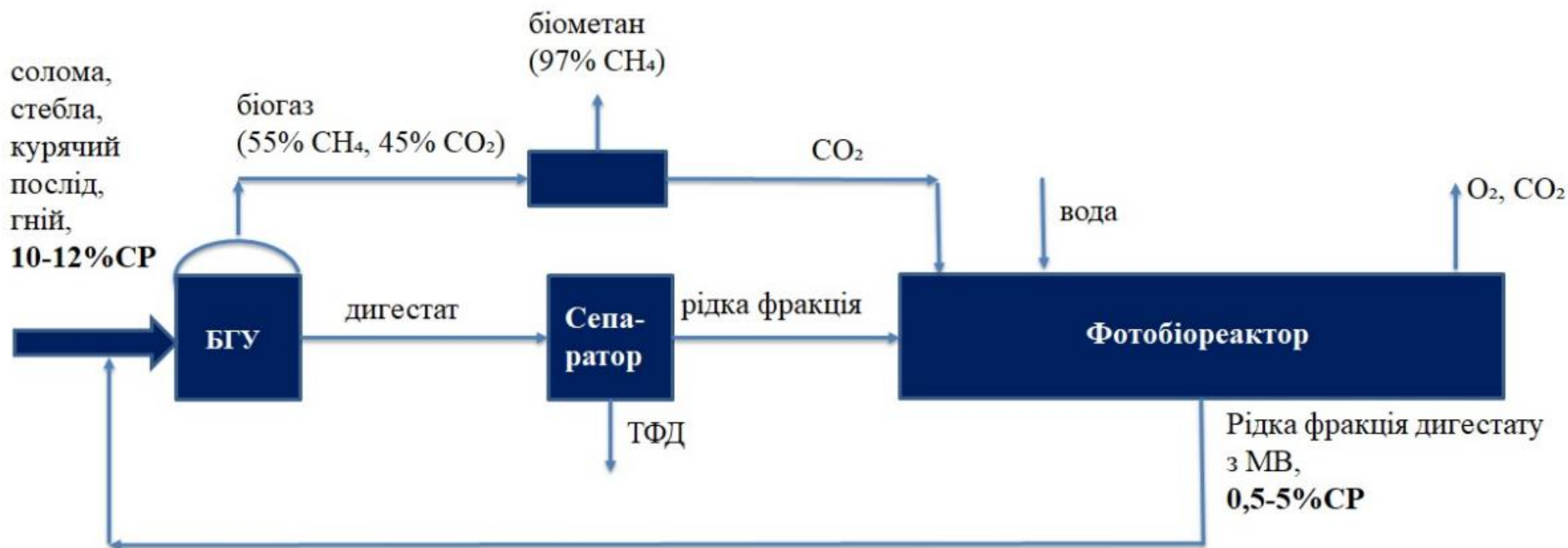
* https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/09/AD_of_Algae_ebook_end.pdf

** <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:573945/fulltext01.pdf>

Умови, необхідні для росту фотоавтотрофних мікробіодоростей, та їх наявність на біометанових установках

Умови, необхідні для росту фотоавтотрофних мікробіодоростей	Наявність на біогазових установках
Необхідне освітлення (сонячне або штучне як, наприклад, LED)	+/- крім зимового періоду
температура (15-30°C)	+/- крім зимового періоду
вода	+
вуглекислий газ (CO ₂)	+
мінеральні нутрієнти (N, P, K)	+

Схема інтеграції культивування МВ на біогазовому/біометановому заводі

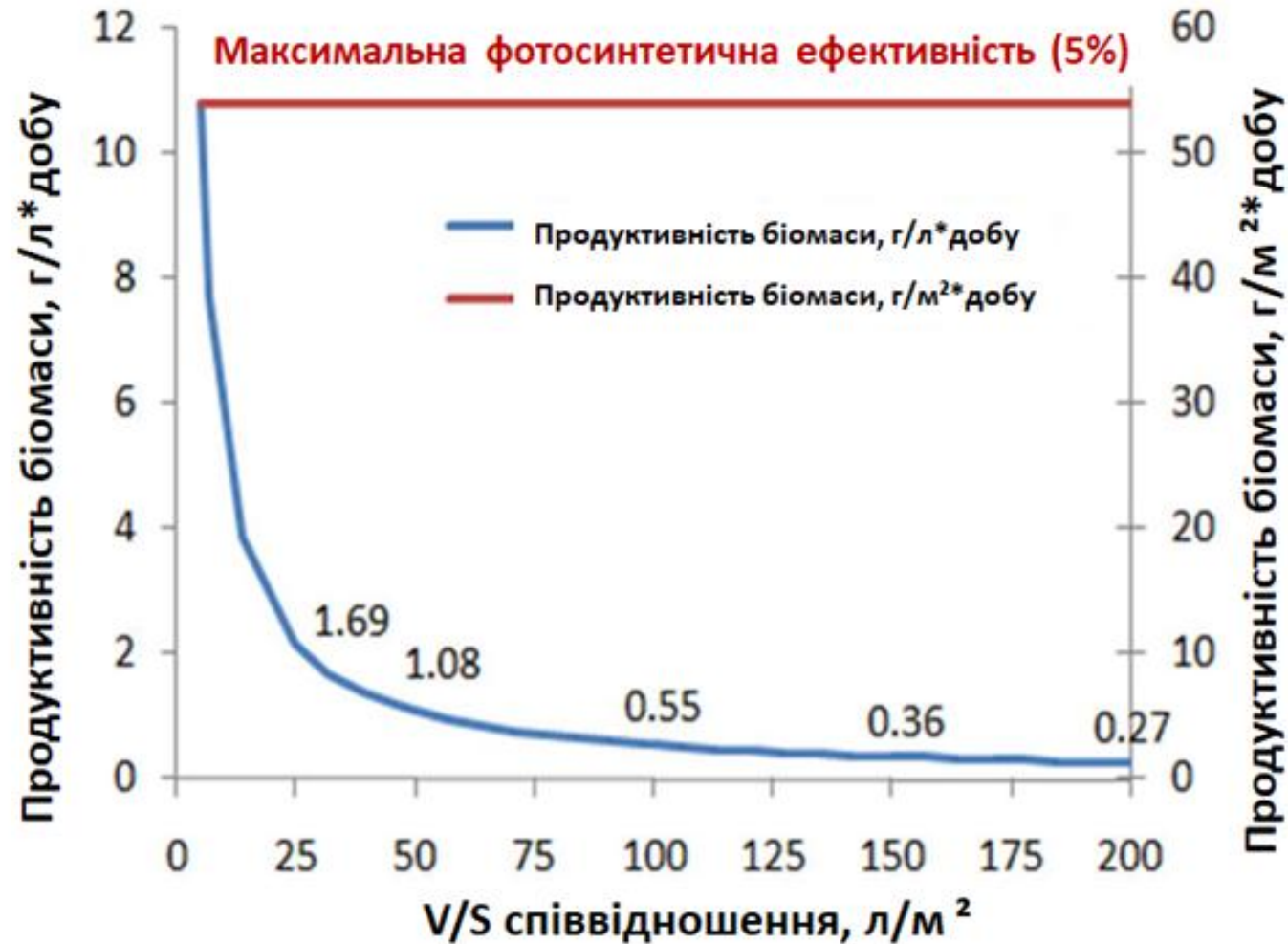


Переваги пропонованої технологічної схеми

Для досягнення економічно доцільного виробництва передового біометану з водоростей вартість збору мікроводоростей має становити менше ніж **0,2 євро/кг** сухої речовини (СР) водоростей. Це може бути досягнуто завдяки:

- використання дигестату біометанових установок як джерела вільного вуглецю, поживних речовин і тепла для культивування мікроводоростей;
- використання CO₂, який є відходом виробництва біометану, для культивування МВ;
- збільшення продуктивності вирощування мікроводоростей в PBR до **5 г СР/(л*добу)** шляхом використання тонкошарових плоских PBR;
- зниження енергоспоживання при виробництві біомаси водоростей внаслідок використання скидного тепла та CO₂ для процесу та значного зменшення потреб у зневодненні мікроводоростей у разі їх використання для виробництва біометану; ;
- збільшення вартості біометану **шляхом зниження коефіцієнта вуглецевої інтенсивності** виробленого біометану (до від'ємних значень) внаслідок утилізації CO₂ для культивування мікроводоростей.
- **Нульові витрати на сепарацію мікроводоростей** , оскільки після фотобіореактора рідка фракція дигестату з мікроводоростями може спрямовуватися на вхід біогазової установки без процесу зневоднення.

Відношення продуктивності міководоростей у площі панельному ФБР до площі (об'єм, л/ поверхня освітлення, м²)



Зміна продуктивності біомаси MB при зміні співвідношення V/S для плоских фотобіореакторів

Виробництво передового біометану з мікроводоростей, вирощених на дигестаті біогазових станцій. Партнери проєкту:



Манчестерський
університет (UM)

UM (адміністративний лідер, технічний лідер)

Професор Теодоропулос з UM буде адміністративним і технічним керівником проєкту. UM здійснюватиме культивування мікроводоростей у лабораторних та пілотних масштабах, моделювання та оптимізацію процесу культивування та техніко-економічний аналіз.



ALGAECYTES
LIMITED

(UK комерційний партнер)

Algaecytes проводитиме експерименти з культивування мікроводоростей у різних масштабах і керуватиме масштабуванням біопроцесу та демонстрацією у фотобіореакторах великого об'єму.



ПрАТ “МНР ЕКО
ENERGY”

(UA комерційний партнер)

МНР відповідатиме за експерименти AD, а також за розширення та демонстрацію запропонованих інтегрованих рішень.



Громадська спілка
«Біоенергетична
асоціація
України»(UABIO)

(UA науковий партнер)

UABio відповідатиме за високопродуктивне культивування мікроводоростей у фотобіореакторах із плоскими пластинами, спільне анаеробне зброджування мікроводоростей із сільськогосподарськими відходами та інтегроване розширення процесу у спеціально розробленій теплиці.

Дякую за увагу!

Георгій Гелетуха

geletukha@uabio.org

<https://uabio.org/>

UABIO