

**Використання відходів тваринництва
та побічних продуктів рослинництва
для виробництва біогазу та біометану,
джерела сировини та логістичні
концепції**

Петро Кучерук

Біоенергетична асоціація України
(UABIO), експерт

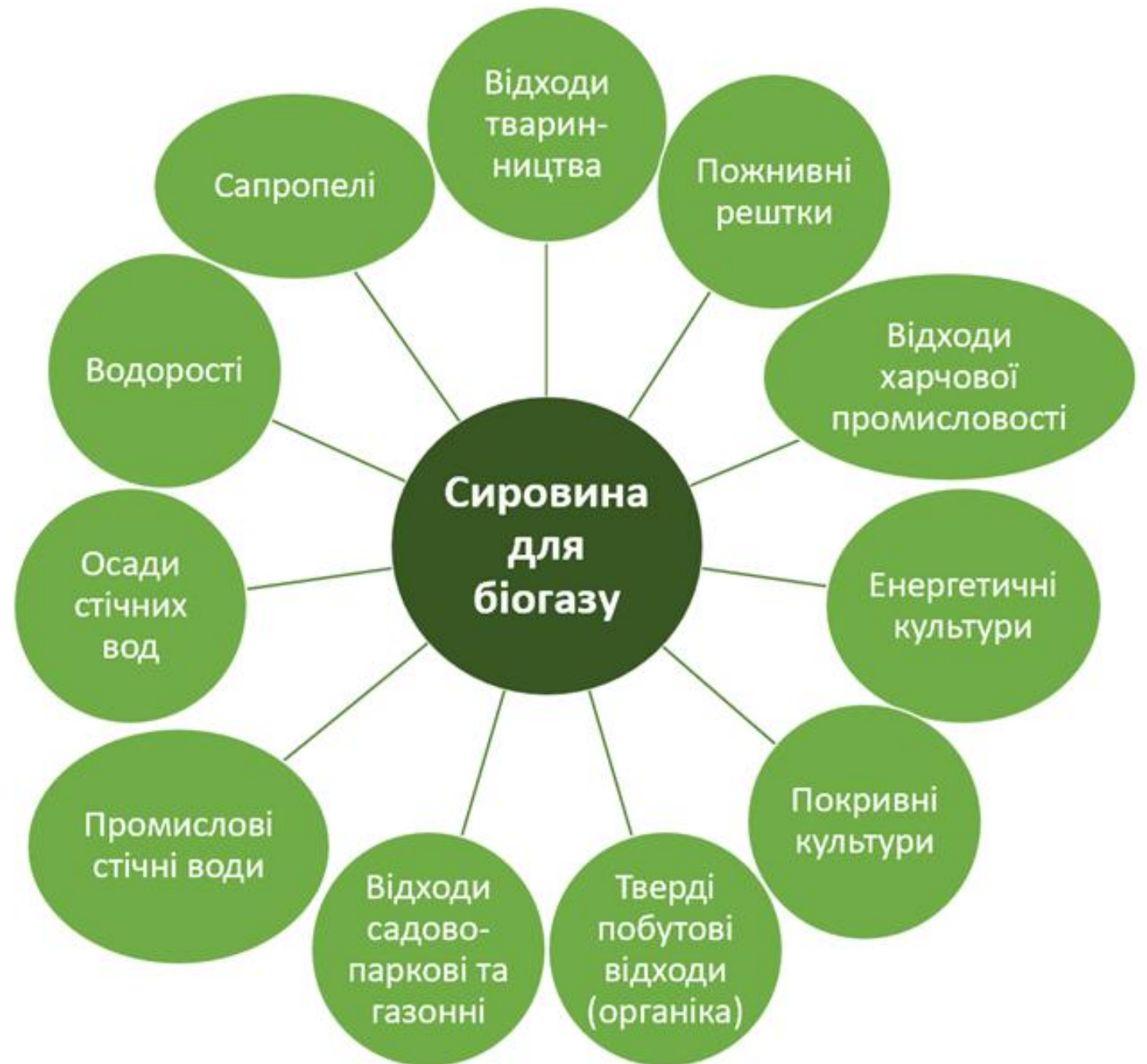
Види та класифікація сировини

Важливість класифікації сировини та правильного її підбору



Сировина впливає на майже кожен аспект біогазового проєкту

Категорії сировини для виробництва біогазу



Класифікація видів сировини для біогазу (1)

Визначення класифікатора	Класифікація	Приклади сировини
За гідравлічними властивостями	Придатні до перекачування трубопровідними системами без додавання вологи	Гноївка свиней, барда
	Не придатні до перекачування трубопровідними системами без додавання вологи	Силос, солома, оТПВ
За кормовою та харчовою цінністю	Використовуються як корм для тварин та/або риб	Жом, шрот, макуха, барда зернова
	Використовуються як сировина для виробництва харчів та/або напоїв	Меляса, висівки, сироватка
	Придатні як корм чи сировина для харчів/напоїв, але втратили свої споживчі властивості	Кисла барда, забруднений жом
	Не придатні як корм чи сировина для харчів/напоїв	Лушпиння, гній, стебла кукурудзи
За вмістом та характером домішок	Умовно чисті види сировини	Жом, шрот, макуха, барда, меляса
	Забруднені твердими домішками (пісок, каміння, пил, метали, пір'я тощо)	Послід, солома, стебла, листя
	Біологічно забруднені патогенами, вірусами, грибками	Осади СВ, епізоотичний гній
	Біологічно забруднені насінням бур'янів	Гній ВРХ, солома, стебла
	Хімічно забруднені СПАР, антибіотиками, важкими металами, токсинами	Епізоотичний гній, міське листя, виробничі СВ, осади СВ
За хімічним складом та властивостями	Карбон-насичені ($C:N > 40$) – містять забагато вуглецю і недостатньо азоту для нормального зброджування	Солома, лушпиння, жири
	Нітроген-насичені ($C:N < 10$) – містять занадто багато азоту, що може заважати утворенню біогазу	Послід, шрот, барда зернова
	Кислі ($pH < 6$) – надто кисле середовище, що гальмує роботу бактерій	Жом кислий, барда зернова
	Лігно-целюлозні	Солома, лушпиння
	В'язкі	Фуз олійний, меляса

Класифікація видів сировини для біогазу (2)

Визначення класифікатора	Класифікація	Приклади сировини
За потребою в попередній підготовці	Не потребують підготовки	Гноївка рідка, барда, жом
	Потребують видалення твердих включень	Послід, жом з жомових ям
	Потребують гомогенізації (перед зброджуванням сировину потрібно подрібнити та перемішати)	Гній та послід на підстилці з соломи
	Потребують руйнування ЛЦК - містять волокна, які потрібно попередньо обробити для ефективного зброджування	Солома, лушпиння, опале листя
	Потребують попереднього розігріву	Фуз олійний, меляса
	Потребують силосування для тривалого зберігання	Кукурудза, вологе кукурудзиння, жом, зелена рослинна біомаса
За режимом утворення	З рівномірним режимом утворення протягом року	Барда, послід, жири
	З нерівномірним режимом утворення протягом року	Гній ВРХ, дробина пивна
	Сезонні	Жом, пожнивні рештки, силос кукурудзи, покривні та проміжні культури
За категорією біогазу та біометану, виробленого з них	Для виробництва конвенційного біогазу та біометану	Силос кукурудзи, дробина, сироватка
	Для виробництва передового біогазу та біометану	Гній, послід, солома, лушпиння

Склад та властивості сировини

Вологість

- Волога – необхідний агент для масообмінних процесів в реакторі в усіх типах біореакторів
- Волога – необхідний агент для змішування та усереднення в біореакторах з «вологим» типом зброджування (мінімум 90% вологи в біореакторі, оптимум – 92-94%)
- Волога – необхідний агент для розбавлення «сухих» типів сировини
- Основні можливі джерела вологи в біореакторі:
 - **вільна волога в складі сировини**
 - **волога, що утворюється при розпаді органічної речовини**
 - **додана свіжа вода / стоки**
 - **волога, що надходить з рециклом дигестату (РФД)**
- Найбільш раціональним рішенням для досягнення оптимальної вологості в біореакторі є змішування вологих та сухих типів сировини

Структура

- Розмір та форма часток сировини впливає на наступні аспекти:
 - швидкість виходу біогазу
 - потенціал виходу біогазу/ CH_4
 - ступінь біодеструкції органічної речовини
 - здатність до перекачування насосними системами
 - в'язкість зброджуваної суміші в реакторі
 - здатність до стратифікації зброджуваної суміші в реакторі
 - витрати енергії на перекачування та змішування
 - здатність до силосування (кукурудза, кукурудзиння, трави...)
- Для зброджування → якомога менший розмір часток
- Для розділення дигестату на фракції РФД та ТФД → дигестат повинен містити певну кількість часток з розміром $>$ розміру чарунок в сепараторі (3-8 мм)
- Для силосування → розмір часток 10-20 мм

Температура

- Температура сировини на вході в біореактор впливає на потреби в теплі/холоді (найбільш поширена температура зброджування 38-42 град. С)
- Більшість видів сировини, перед подачею в біореактор, потребують підігріву протягом року
- В спекотну погоду сировина, що зберігається під відкритим небом, може прогріватись більше температури в реакторі
- Деякі види сировини, наприклад, барда зі спиртового заводу може мати температуру > 50 град. С, доцільним може бути вибір термофільного режиму зброджування
- В'язкі види сировини (фуз олійний, меляса) можуть потребувати попереднього розігріву до більш високих температур, ніж в реакторі

Вміст твердих домішок

- Вміст мінеральних домішок (пісок, каміння) впливає на такі аспекти:
 - блокування роботи споруд та обладнання
 - зношуваність частин обладнання
 - потреби в енергії для змішування
 - гідравлічний час утримання сировини в біореакторі
- Вміст волокнистих включень (ганчір'я, мотузки, дроти) може блокувати роботу міксерів
- Вміст здатних до флотації домішок (пір'я, необроблена солома, тріска, тощо) може знижувати ефективний об'єм споруд та ефективність змішування
- Вміст в дигестаті домішок пластику, металу та скла розміром > 2 мм регулюється Директивою ЄС 2019/1009 «Про удобрювальні продукти», а також Законом України 86/95 ВР «Про пестициди і агрохімікати»

Макро- та мікронутрієнти (1)

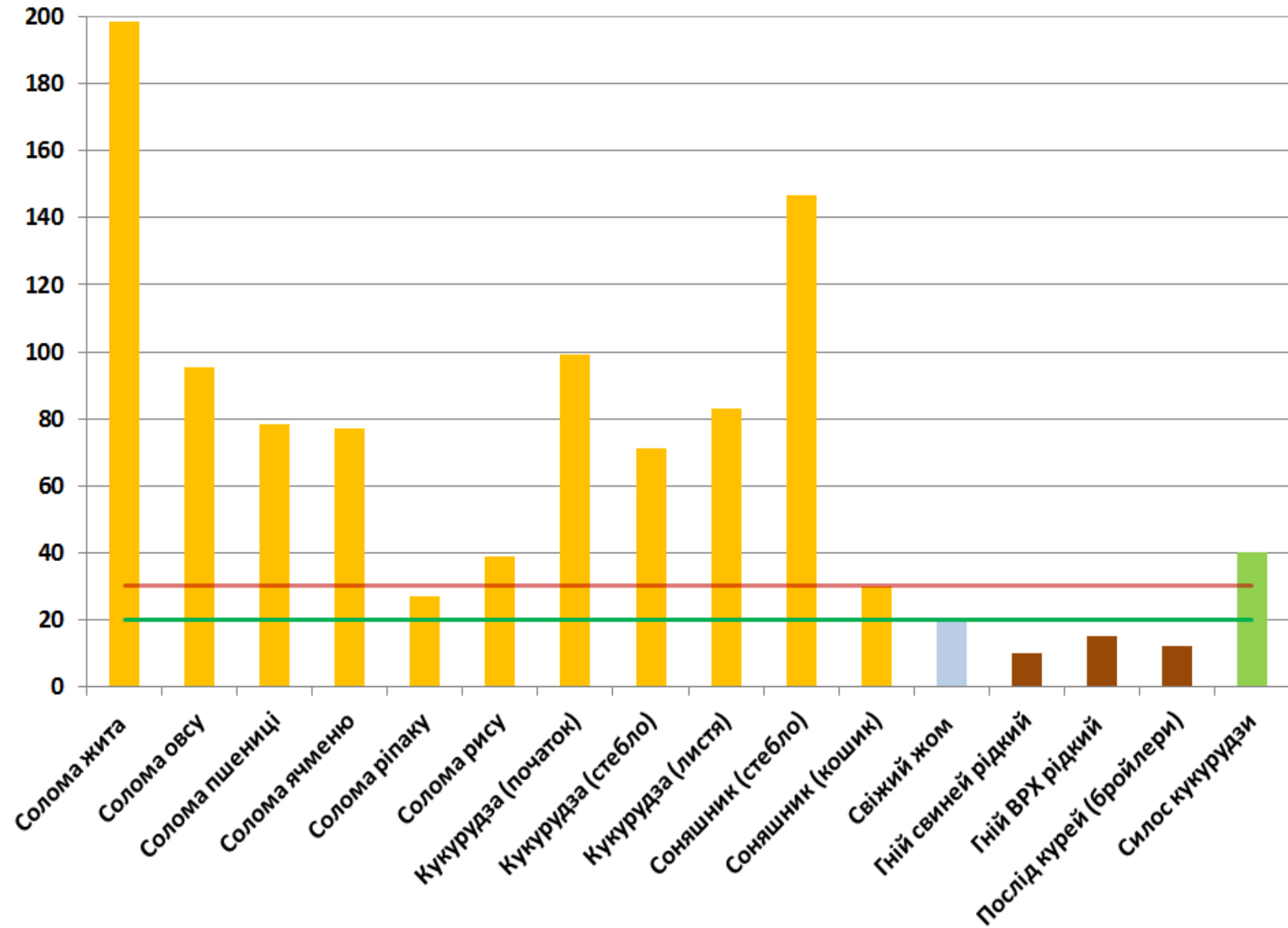
- Для стабільного та ефективного процесу анаеробної ферментації потрібно:
 - А) наявність та біодоступність комплексу макро- та мікронутрієнтів
 - Б) баланс макро- та мікронутрієнтів
- Карбон (**C**), Нітроген (**N**), Оксиген (**O**), Гідроген (**H**) → є основними елементами всіх органічних речовин
- Нітроген → сприяє виробленню ферментів для обміну речовин
- Фосфор (**P**) → необхідний для перенесення енергії всередині клітини
- Сульфур (**S**) → необхідний для синтезу амінокислот, цистеїну, метіоніну
- Калій (**K**), Кальцій (**Ca**), Магній (**Mg**), Ферум (**Fe**) - необхідні як ко-фактори для активності ферментів і як компоненти комплексів металів
- Кожен з цих 10 макронутрієнтів повинен бути в концентрації $\approx 10^{-4}$ моль

Макро- та мікронутрієнти (2)

- Оптимальне **C:N** сировини чи суміші на вході в біореактор → **20 ... 30**
- Додавання феруму (**F**) може стимулювати осадження фосфатів, які в іншому випадку могли б осадити важливі мікроелементи металів, і таким чином стимулювати процес
- Додавання феруму у формі, напр., хлорного заліза, сприяє осадженню сірки та зниженню концентрації H_2S в біогазі
- Нікель (**Ni**) та Кобальт (**Co**) важливі для росту анаеробних організмів. Нікель необхідний для активації фактора F430 (кофактора у метаногенезі), але у високих концентраціях нікель може інгібувати як ферментативні, так і метаногенні бактерії
- Мікронутрієнти потрібні в основному при ферментації моно-сировини

C:N – фактор взаємодоповнення

C:N оптимальне

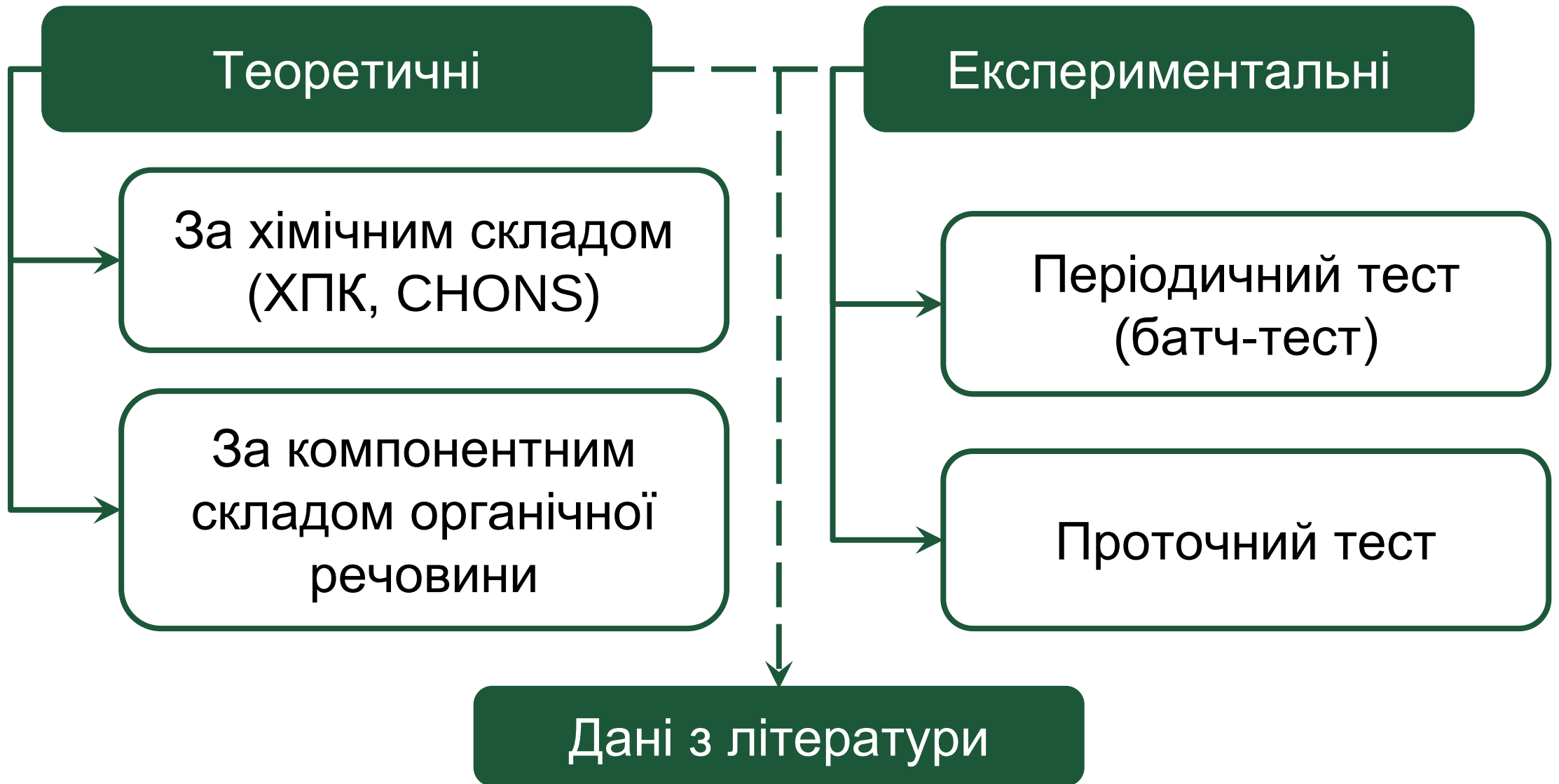


Вихід біогазу

BMP (biochemical methane potential) – ключовий показник сировини для виробництва біогазу

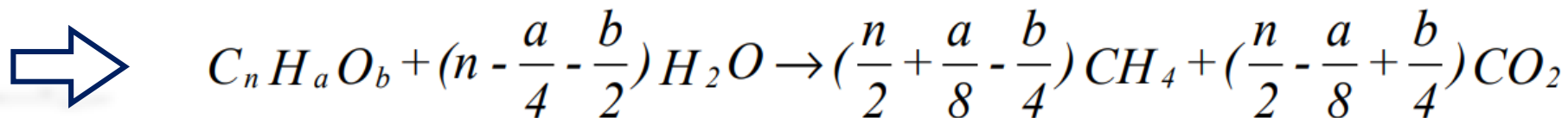
- Необхідний для попередньої оцінки доцільності виробництва біогазу з окремих видів сировини та планування логістичних концепцій
- Необхідний для прогнозування масштабу біогазового виробництва та розробки бізнес моделі
- Необхідний для оцінки ефективності виробництва біогазу / CH_4 в технологічному процесу
- Необхідний при сертифікації біометану, енергії з біогазу

Методи визначення питомого виходу біогазу



Теоретичні оцінки

За рівнянням
Басвела



Питомий вихід CH_4



$$B_{o,th} = \frac{\left(\frac{n}{2} + \frac{a}{8} - \frac{b}{4}\right) 22.4}{12n + a + 16b} \quad \text{л}_{\text{н.у.}} CH_4/\text{г СОР}$$

За величиною ХПК



$$1 \text{ г ХПК} = 0,25 \text{ г } CH_4 = 350 \text{ мл}_{\text{н.у.}} CH_4$$

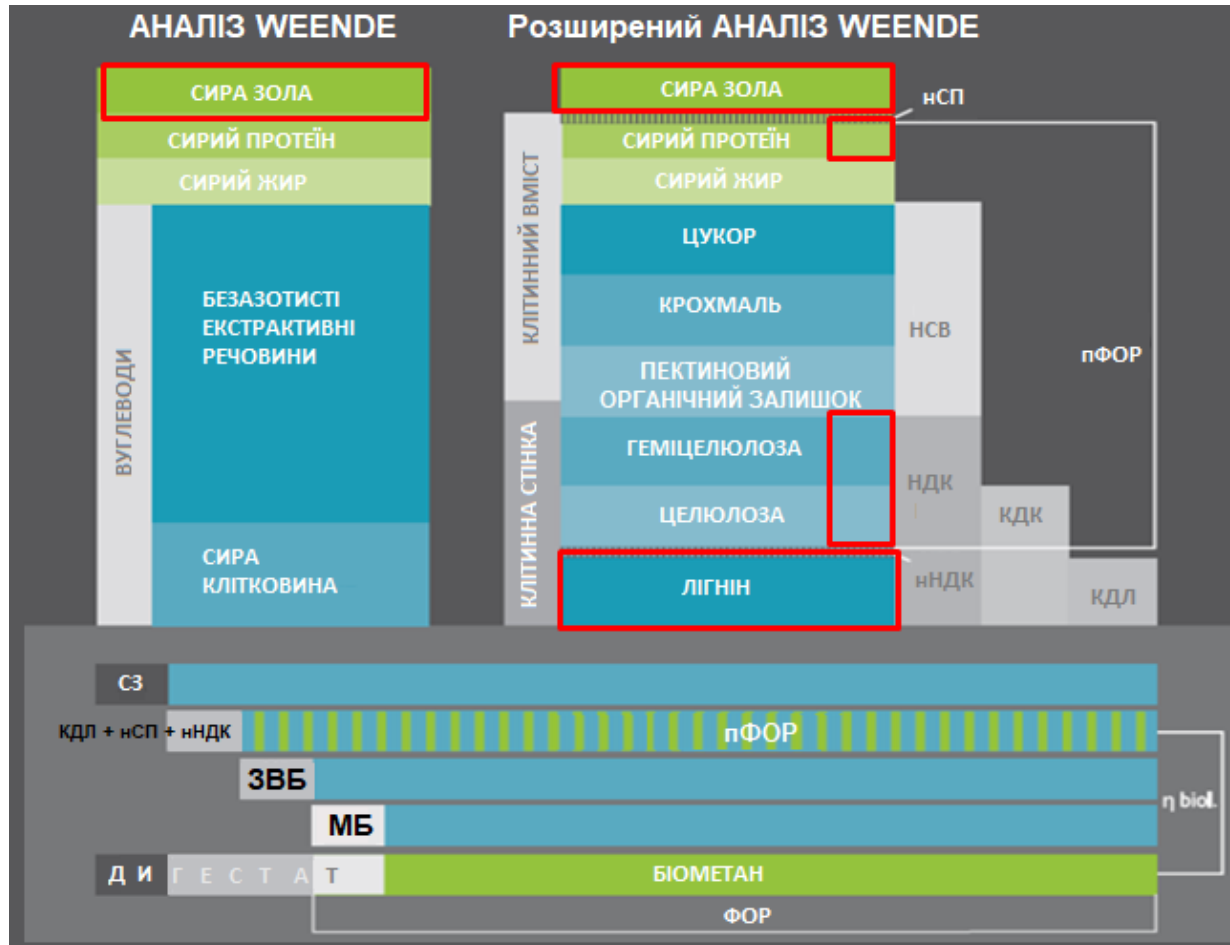
н.у. – стандартні умови газу 0 град С, 100 кПа.

СОР – абсолютно суха беззольна органічна речовина

22.4 – об'єм 1 моля газу при н.у.

ХПК – хімічна потреба в кисні, г O_2

Хімічний склад сировини за аналізом Weende



Не зброджувані речовини

пФОР

Загальна потенційна здатність органічної речовини до зброджування



- приріст біомаси бактерій
- залишковий біогаз



ФОР

Фактично зброджувана органічна речовина

Джерело: BTS-group

НДК - нейтрально детергентна клітковина
КДК - кислотно детергентна клітковина (целюлоза, лігнін)
НСВ - неструктурні вуглеводи
КДЛ - кислотно детергентний лігнін

нНДК- не зброджувана нейтрально детергентна клітковина
нСП – не зброджуваний сирий протеїн
ЗВБ – залишковий вихід біогазу
МБ – приріст бактеріальної маси

Оцінка за відомим компонентним складом органічної речовини

	(WEISSBACH 2009) ^a		(WEILAND 2001)		(VDI GUIDELINE 4630 2006) ^b		(BASERGA 1998)	
	Біогаз (л/кг)	CH ₄ [%]	Біогаз (л/кг)	CH ₄ [%]	Біогаз (л/кг)	CH ₄ [%]	Біогаз (л/кг)	CH ₄ [%]
Вуглеводи	787–796	50.0–51.1	700–800	50–55	750	50	790	50
Жири	1,340– 1,360	70.5–71.3	1,000– 1,250	68–73	1,390	72	1,250	68
Білки	714–883	50.9–51.4	600–700	70–75	800	60	700	71

^a Розраховано на зернові та злакові культури

^b ... «без урахування виробництва бактеріальної біомаси з ферментованого субстрату» (VDI GUIDELINE 4630 2006)

Аналіз виходу метану за складом сировини (1)

Ячмінна пивна дробина

Параметр	На с.м.	На СР
Сухі речовини	91,3	100
Сирий протеїн	25,7	28,2
Сирий жир	6,6	7,3
Сира клітковина	10,1	11,1
Зола	4,9	5,3
Нерозчинна зола	1	1,1
НДК	39,2	42,9
КДК	16,3	17,8
Лігнін	3,2	3,5
Водонерозчинні клітинні стінки	36,1	39,5
Крохмаль	2,6	2,8
Загальні цукри	3,2	3,5

ПРОТЕЇН (28,2% СР)

ЖИРИ (7,3% СР)

ВУГЛЕВОДИ

приблизно =
**НДК – Лігнін + Крохмаль
+ Цукри**
 $= 42,9 - 3,5 + 2,8 + 3,5 =$
45,7% СР

с.м. – свіжа маса

https://www.feedtables.com/content/table-feed-profile?feed_pr_id=12557

Аналіз виходу метану за складом сировини (2)



Вплив засвоюваності на питомий вихід CH_4

- При однаковому вмісті СР і ОСР у сировині певного виду величина питомого виходу CH_4 може бути різною
- Таблиця нижче показує, що силос В має вищий вміст лігніну і, відповідно, нижчу засвоюваність

Сировина	СР%	ОСР	Крохмаль	Кліткови- вина	Лігнін	uNDF	CH_4 нм ³ /т
Кукурузи силос А	35.0	96.5	33.0	42.0	2,5	8,25	119,38
Кукурузи силос В	35.0	96.5	33.0	42.0	4	13,2	112,6

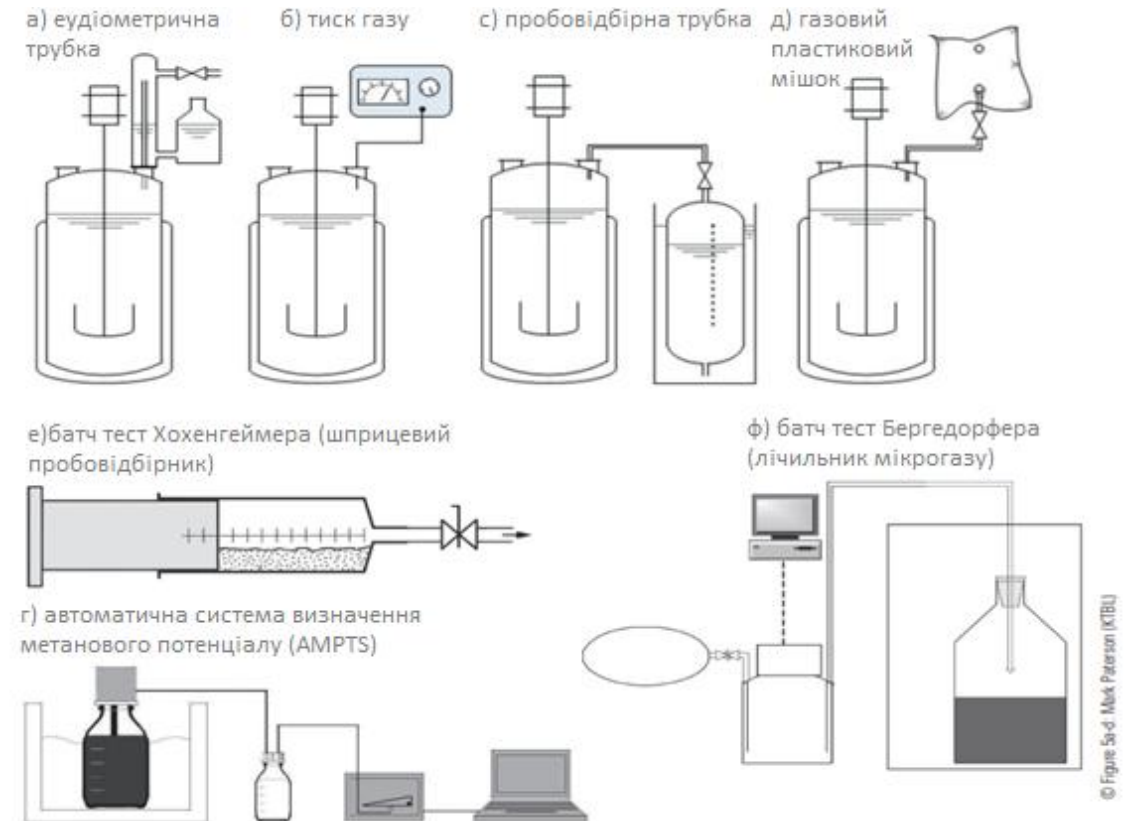
uNDF = незброджувана нейтрально детергентна клітковина

Визначення ВМР з допомогою батч-тестів



<https://www.youtube.com/watch?v=TSgnrJXND4Q>

ВМР батч-тест системи



https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/Batch_tests_web_END.pdf

Результати BMP тестів за німецьким стандартом VDI 4630

	м3 біогазу / тCOP				% CH4 в біогазі				м3 біогазу / т свіжої маси				% CP в свіжій масі				% COP у свіжій масі			
	Медіанне				Медіанне				Медіанне				Медіанне				Медіанне			
	Середнє	від	до		Середнє	від	до		Середнє	від	до		Середнє	від	до		Середнє	від	до	
Силос кукурудзи (N = 142)	594	590	340	822	53	53	50	56	196	192	105	317	33	33	22,3	47	31,5	31	16,9	45
Силос трав'яний (N = 31)	445	442	200	747	55,1	54	53,8	65	142	121	48,6	274	32,3	31	11,7	72,8	29,8	27	9,8	68,2
Силос (вся рослина) (N = 25)	551	558	287	658	53,7	54	51	57	175	164	75	278	31,9	30	18,4	48,7	29,6	28	16,4	44,9
Силос сорго (N = 45)	499	502	359	622	54,3	54	52,4	57,3	127	129	85,1	182	25,6	27	17,3	33,9	24,2	25	15,9	32,5
Гній кінський (N = 15)	313	311	58	555	55	54	51	62	89	92	11	203	34,2	33	24,2	52,6	28,9	27	19,4	48,3
Гній ВРХ	322	336	161	498	57	57	53	64	66	62	28	152	24,2	23,1	15	55	20	19	12	35
Послід курячий (N = 7)	306	352	143	436	58,6	59	55	62	87	69	26	158	44	48	21,2	71,4	31,1	27	13,8	60,9
Послід індичий / курячий (N = 16)	404	417	137	653	58,3	58	54,8	64,5	194	190	42	370	57,6	59	27,8	91,2	48	49	22,5	78
Послід курячий (N = 23)	437	426	238	554	57,5	58	51	62	180	184	69	274	54,5	57	19,6	89,2	41,8	43	16,5	65,7
Рідка гноївка ВРХ (N = 214)	381	374	100	673	58,9	59	48,8	65,3	26,4	26	4,7	55	8,7	9	1,5	15,5	6,8	7	0,67	13
Рідка гноївка свиней (N = 49)	397	334	61	890	60,7	60	54,3	68,8	8,3	7	0,7	28	3,7	3	0,6	13,5	2,55	2	0,2	7,4
Тверда фракція дигестату (N = 14)	225	240	93,9	318	55,7	55	51,7	61,1	45	48	15,9	67,9	20	20	12,1	25,3	17	17	5	22,8

Важливо: вид та якість використаного інокуляту, методологія оцінки показників та похибок вимірювань, кратність повторів 1-го тесту

Питомий вихід біогазу (CH₄) – табличні дані

Субстрат	СР		ОСР		Біогаз			
	%		%		м³CH₄/кг СР		м³CH₄/кг ОСР	
	середнє	макс.	середнє	макс.	середнє	макс.	середнє	макс.
Сирий гліцерин	>96		90	93	0,62	0,67	0,69	0,72
Картопляне бадилля	25		79		0,4	0,47	0,5	0,6
Бурякове бадилля	15	18	78	80	0,19	0,4	0,24	0,5
Злакові культури	85	90	85	89	0,26	0,53	0,3	0,6
Конюшина	20		80		0,32	0,4	0,4	0,5
Яблучні відходи	2	15	90	95	0,3		0,33	
Вижимки яблучні	25		86					
Пивна дробина	20	22	87	90	0,22	0,63	0,25	0,7
Відпрацьований хміль (висушений)	97	97,5	90		0,45	0,5	0,5	0,55
Силікагель після фільтрації (пивоваріння)	30		6,3		0,02	0,02	0,3	0,35
Рослинні відходи	5	25	76	90	0,18		0,24	0,4
Старий хліб	90		96	98	0,67	0,74	0,7	0,75
Шкаралупа кокосових бобів	95		91					
Картопляні відходи	12	15	90		0,22	0,5	0,24	0,55
Зернові відходи	6	15	87	90	0,52		0,6	
Листя			82		0,33		0,4	
Меляса	80		95		0,29		0,3	
Сиворотка молочна	4	95	80	92			0,48	0,6
Фруктові вижимки	45		93		0,25	0,48	0,27	0,52
Залишки олійних культур після пресування	92		97		0,56	0,6	0,58	0,62

Субстрат	СР		ОСР		Біогаз			
	%		%		м³CH₄/кг СР		м³CH₄/кг ОСР	
	середнє	макс.	середнє	макс.	середнє	макс.	середнє	макс.
Залишки екстракції ріпаку	88		93		0,24	59	0,26	0,63
Виноградні вичавки	40	50	80	95				
Залишки екстракції кастору	90		81					
Харчові відходи (з великих кухонь)	9	40	55	98	0,2	0,64	0,36	0,65
Барда	63		53		0,32	0,4	0,4	0,5
Органічні відходи (побутові)	30	75	30	90	0,05	0,54	0,18	0,6
Відходи парку та саду (сирі)	12	42	87	97	0,18	0,49	0,21	0,5
Обрізки (осока)	37		93		0,47		0,5	
Кров'яна мука	90		80					
Флотаційний шлам	5	24	93	98	0,56	0,78	0,6	0,8
Вміст шлунку (свині)	12	15	80	84	0,16	0,25	0,2	0,3
Вміст рубця (неперетравлений)	11	19	80	88	0,21	0,35	0,26	0,4
Вміст рубця (пресований)	20	45	90		0,54	0,63	0,6	0,7
Відходи бійні							0,2	0,43
Відходи переробки риби							0,3	
Трупне борошно тварин	8	25	90		0,45	0,72	0,5	0,8
Сепарований жир (виробництво желатину)	25		92					
Жир (з жироловок)	2	70	70	100	0,29	0,7	0,42	1
Магазинні відходи	5	25	76	90			0,3	0,4
Залишки культур	55	57	46	78	0,06	0,3	0,13	0,39

Важливо: вміст сухих речовин та зольність сировини, пошук найбільш відповідного значення на основі співставлення даних з різних джерел

Особливості окремих категорій сировини при виробництві з них біогазу

Побічні продукти тваринного походження, дозволені для перетворення на біогаз без попередньої стерилізації під тиском

- гній
- немінералізоване гуано
- вміст травного тракту, відокремлений від травного тракту
- молоко і молочні продукти
- яйця і яйцепродукти
- побічні продукти тваринного походження III категорії згідно Закону України 287-VIII «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною», що не становлять загрози здоров'ю людей або тварин, зокрема:
 - туші та їх частини або органи с/г тварин і птиці, диких тварин
 - жирова тканина забитих на бійні тварин
 - шлам з центрифуги або сепаратора від переробки молока
 - побічні продукти тваринного походження з водних організмів (гідробіонтів), виловлених з метою розміщення на ринку, які утворюються під час виробництва продукції для споживання людиною
 - туші та/або частини туш гризунів, зайцеподібних хутрових звірів
 - корми тваринного походження, що не використовуються для годівлі тварин, та не становлять ризику для людини або тварини
 - харчові продукти тваринного походження, що є непридатними для споживання людиною, але безпечними для здоров'я тварини

Основні особливості гною / посліду як сировини для виробництва біогазу

- Як правило, **дешева або безкоштовна сировина**
- Містить **бактерії**, важливі для виробництва біогазу
- Багатий на **мікроелементи**, важливі для життєдіяльності анаеробних бактерій
- Висока **буферна здатність**, важлива для підтримання стабільності процесу зброджування
- Може мати досить **мінливий склад** (вміст СР, макро- та мікроелементів, домішок) в залежності від виду тварин, способу утримання, раціону годівлі, пори року, тощо
- Може потребувати **попередньої обробки**, зокрема гній на підстилці з соломи або послід чи гноївка з високим вмістом піску
- Економічно доцільне використання лише в тому випадку, якщо біогазовий реактор розташований поблизу місця утворення гною – транспортування гною коштує дорого
- Гноївка свиней та гній ВРХ має **відносно низький вихід біогазу**
- Виробництво біогазу з гною / посліду призводить до значного скорочення викидів парникових газів – 675 кг CO_{2-екв.} на 1 корову в рік для умов Німеччини, а тому **при виробництві біометану на експорт має розглядатись як пріоритет**

Основні проблеми при зброджуванні гною/посліду

Гноївка свиней

- Висока концентрація азоту
- Низька концентрація органічної речовини внаслідок потрапляння значної кількості води
- Низьке значення рН

Гноївка ВРХ

- Наявність підстилкового матеріалу, піску
- Нерівномірність обсягів та складу протягом року

Послід птахів

- Висока концентрація азоту, сірки
- Наявність піску, пір'я

Солома та інші пожнивні рештки

- Біомаса, що містить значну кількість закритих для доступу бактерій лігноцелюлозних комплексів
- Навіть в нативній соломі є потенціал виходу CH_4 , пов'язаний з вмістом розчинних органічних сполук
- Для ефективного зброджування та збільшення потенціалу виходу біогазу потребує спеціальної попередньої обробки
- Карбоннасичена сировина, комплементарна до гною, посліду...
- Має значний потенціал для використання на переважній території України



Енергетичні культури – силос кукурудзи, тощо

- Придатна для використання як основна сировина
- Легко піддається зброджуванню
- Не потребує попередньої підготовки
- Сезонна сировина, що потребує консервації та належного зберігання протягом року
- Має значний потенціал для використання на переважній території України, втім більше підходить для регіонів з достатнім рівнем вологозабезпеченості ґрунтів
- Конфліктує з продуктами харчування, а тому її використання останнім часом обмежується
- Біометан з силосу кукурудзи має значний карбоновий слід, що впливає на його ціну та можливість збуту



Логістичні концепції

Концепція заготівлі сировини для біогазового заводу

Власні ресурси

Сировина, що
збирається і продається

Сировина, що
збирається і утилізується

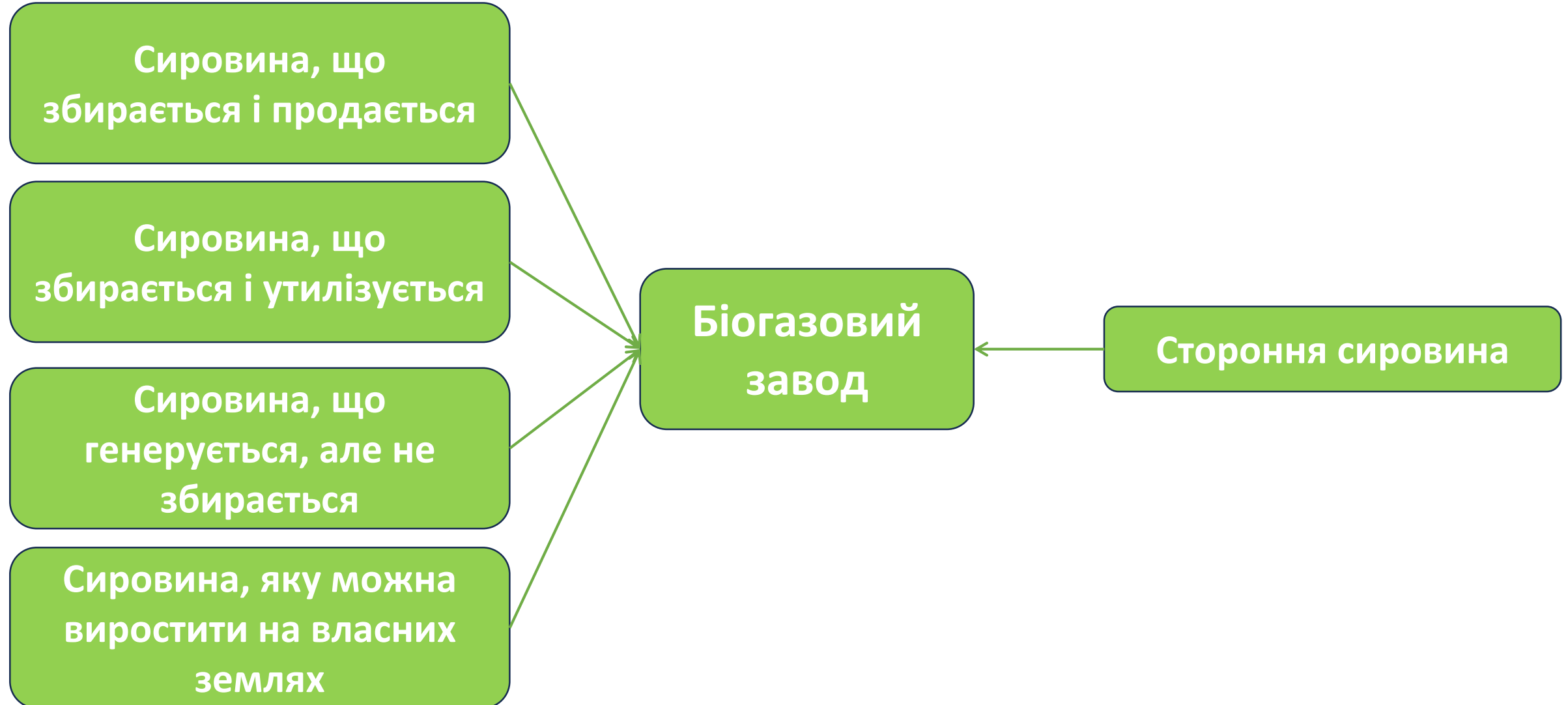
Сировина, що
генерується, але не
збирається

Сировина, яку можна
виросити на власних
землях

Біогазовий
завод

Сторонні ресурси

Стороння сировина



Мотивація

Управління відходами

Виробництво енергії
(паливо, енергія, тепло)

Додаткові вигоди/
створення робочих
місць

Утилізація гною /
Виробництво добрив

Зменшення викидів
парникових газів

...

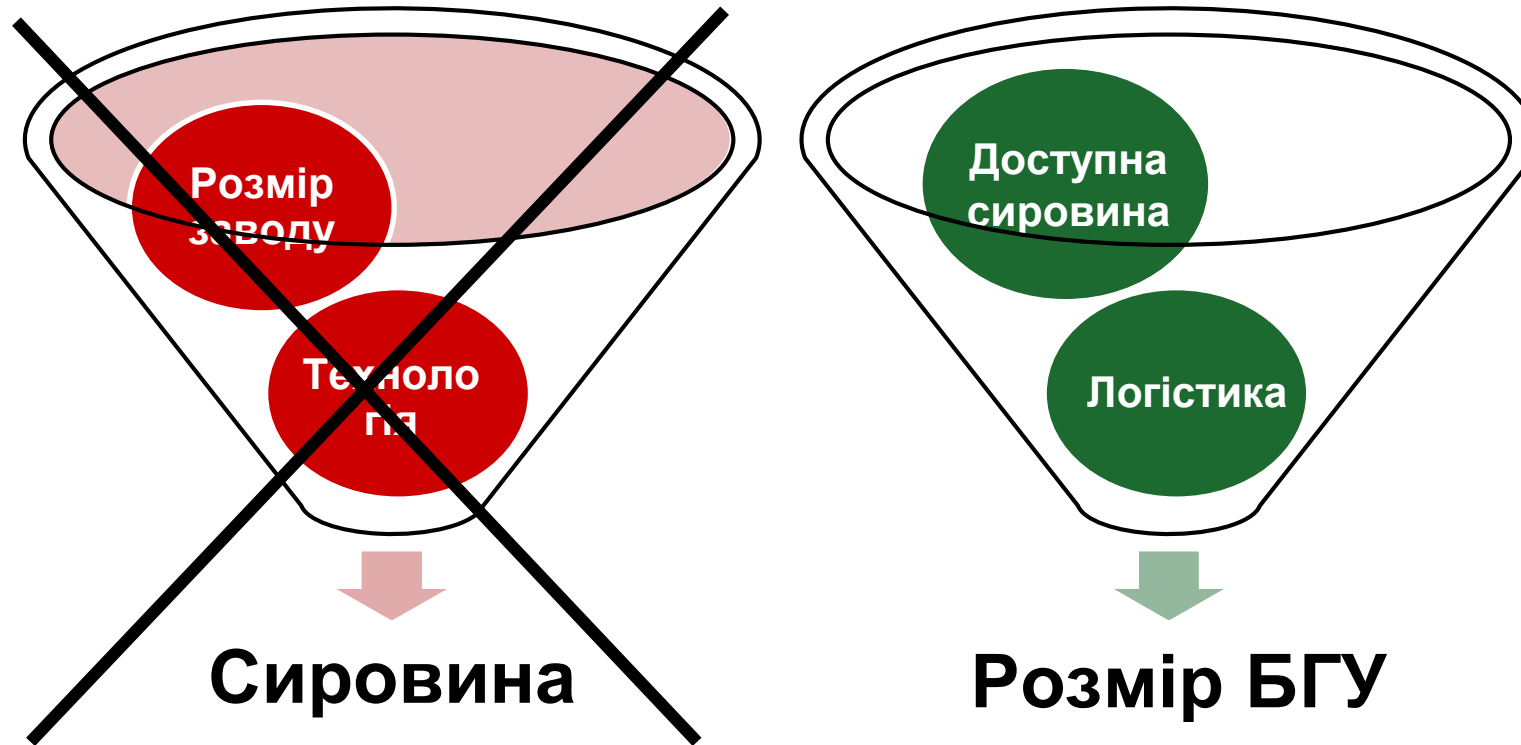
ШЛЯХ 1

Мотивація та передумови проєкту впливають на вибір сировини

ШЛЯХ 2

Доступна сировина визначає технологію виробництва біогазу

Кореляція між сировиною та розміром заводу



В ідеалі доступна сировина визначає розмір заводу. Можна розглянути додаткове збільшення потужності в майбутньому. Інакше (не)доступність сировини може стати ризиком для економічного успіху.

Критерії підбору сировини

- Доступність
- Вплив на дозвільні та законодавчі вимоги для будівництва та експлуатації
- Вплив на технологію та експлуатаційні витрати
- Здатність до консервації та збереження (за потреби)
- Вплив на ефективність використання об'єму реакторів
- Вплив на біологію процесу
- Рівень отримання доходу (тариф на електроенергію, ціна продажу біометану, тощо)

Попередня оцінка доцільності використання сировини

Вид сировини	Кількість [т/рік]	СР [%]	СОР [% СР]	Ціна [грн/т]	Вартість логістики до входу в біореактор [грн/т]

- Дослідити наявність, обсяги та доступність інших видів побічних продуктів та відходів

Сировинна складова собівартості CH₄

Вид сировини	Питомий вихід CH ₄ , м ³ CH ₄ /т	Вартість сировини (конкурентна), грн/т	Сировинна складова собівартості CH ₄ , євро/1000 м ³ CH ₄
Жом (СР 25%)	83	200	60
Послід курячий (СР 40%)	90	300	83
Солома пшениці	220	1 500	170
Гній ВРХ (СР 25%)	44	500	284
Силос кукурудзи (СР 33%)	107	1 600	374
Меляса	224	4 800	536

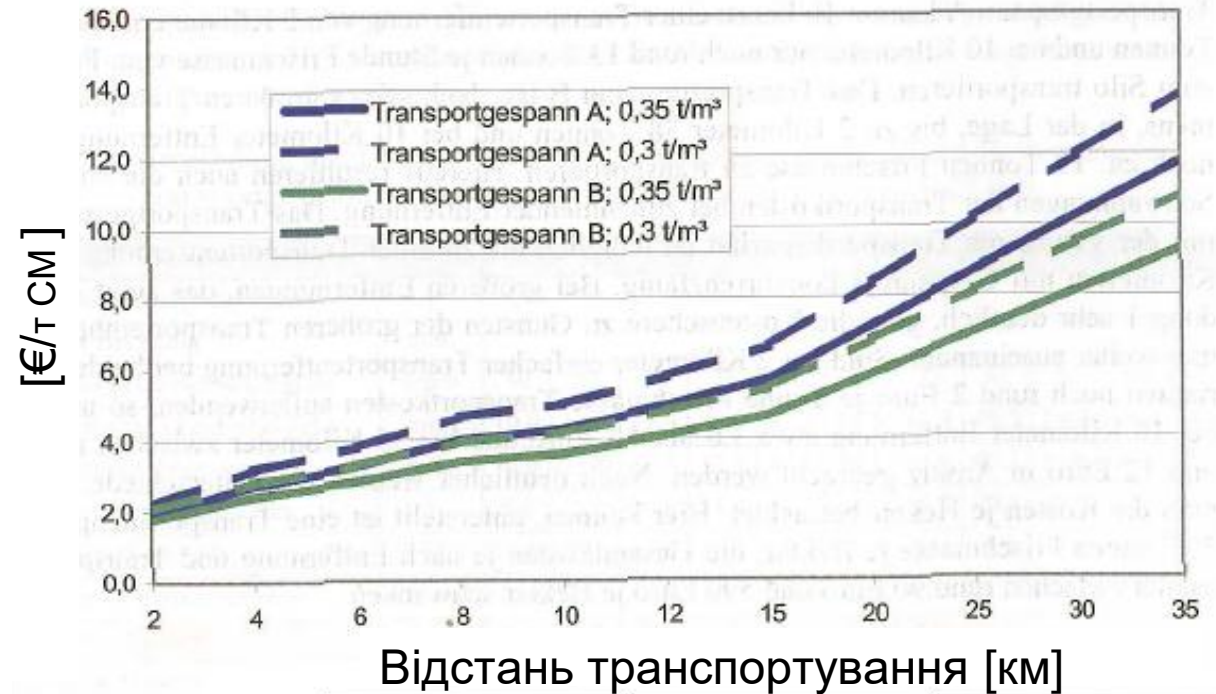
Логістика сировини: + 0,04...0,12 євро/(т·км), в залежності від типу сировини та відстані транспортування

Доцільна відстань транспортування

Доцільна відстань
транспортування
(для умов Німеччини)

- Гній < 5 км
- Енергетичні культури
< 12–15 км, максимум 20 км)

Вартість транспортування



UABIO

Дякую за увагу!

Біоенергетична асоціація України
uabio.org

e-mail: kucheruk@secbiomass.com