

**Дигестат як вторинний продукт
виробництва біогазу (використання
поживних речовин з дигестату,
внесення дигестату в поле,
забезпечення здоров'я ґрунту)**

Петро Кучерук

Біоенергетична асоціація України
(UABIO), експерт

Роль дигестату у відновленні родючості ґрунтів

Дигестат - основа сталого органічного виробництва



Позиція Європейської біогазової асоціації щодо ролі біогазових технологій для Green Deal та родючості ґрунтів

Аргумент 1.

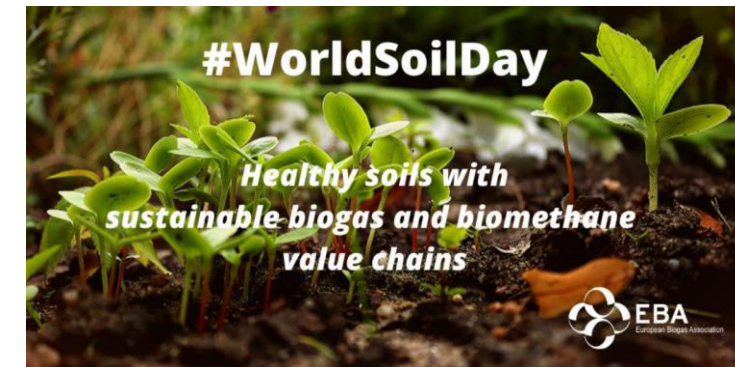
Дигестат, який утворюється у процесі виробництва біогазу, може використовуватись як добриво! Це речовина, багата на органічні сполуки та органічний вуглець, яка може замінити мінеральні добрива та відновити здоров'я і якість ґрунтів.

Аргумент 2.

Ґрунти мають властивість поглинати парникові гази, збільшуючи запаси органічного вуглецю. Тому, коли ми використовуємо дигестат як органічне добриво, ми використовуємо цю властивість, створюючи фактично природні сховища вуглецю.

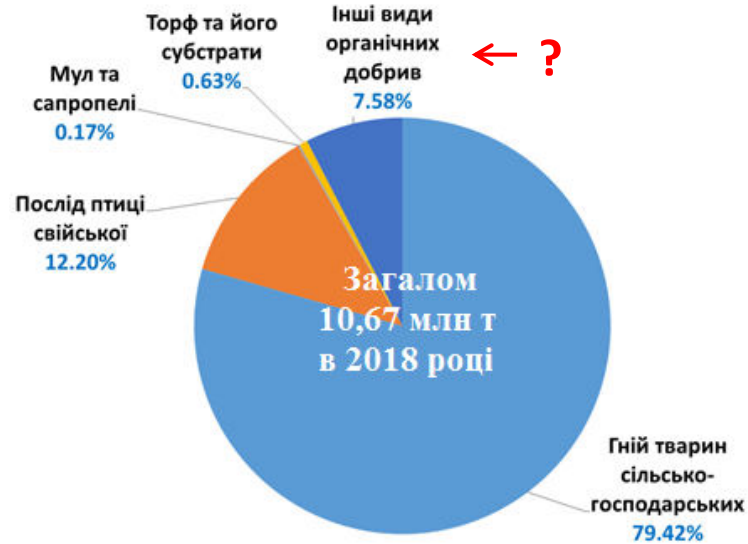
Аргумент 3.

Вирощувати покривні культури, які захищають ґрунти, можна також для виробництва біогазу! Такі рослини захищають ґрунт від ерозії, покращують його родючість та біорізноманіття і при цьому використовуються для виробництва біогазу, у процесі чого утворюється таке органічне добриво як дигестат!



Використання добрив в Україні

Внесення органічних добрив, 2018



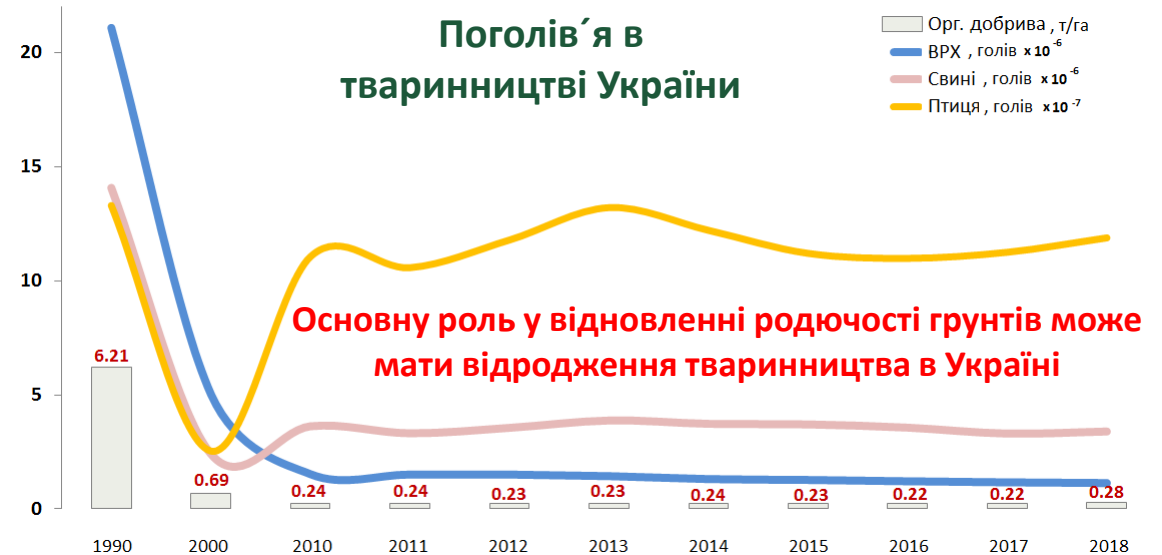
Внесення мінеральних добрив, 2018



Внесення органічних добрив на 1 га земель



Поголів'я в тваринництві України



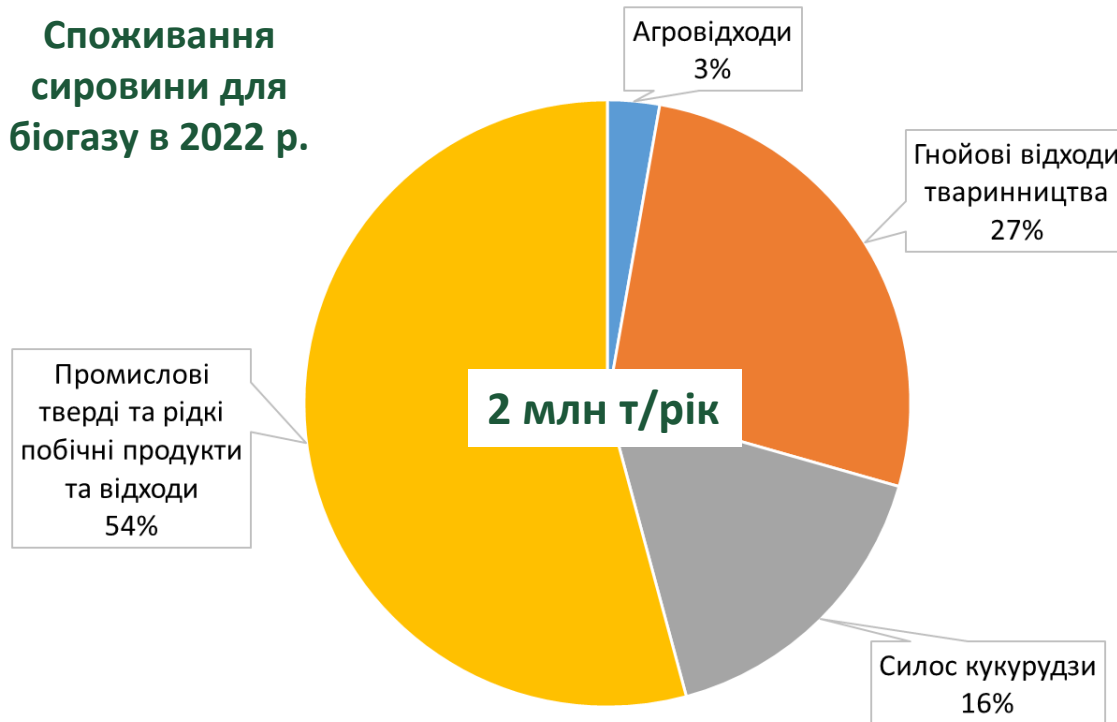
Можливі напрямки збільшення надходження органічних добрив в ґрунт

- Збільшення обсягів внесення гною/посліду, що, в свою чергу, потребує збільшення поголів'я тварин.
- Збільшення частки пожнивних решток, що вносяться в ґрунт.
- Повернення поживних речовин з потоками залишків/відходів перетвореної первинної аграрної продукції (міські харчові відходи, побічна продукція харчової переробної промисловості, некондиційний урожай, тощо).
- Використання потенціалу деградованих земель, непридатних для ведення традиційного агровиробництва, для продукування рослинної біомаси (багаторічні трави), що буде направлятись для удобрення ріллі.
- Використання потенціалу лугових земель, газонів, для збору рослинної біомаси, що буде направлятись для удобрення ріллі.

Утворення дигестату в Україні

- До **2 млн т/рік дигестату** генерують діючі БГУ в Україні
- На 1 МВт_{ел} встановленої потужності генерується **від 20 до 200 тис. т/рік дигестату**, в залежності від виду сировини
- В середньому на 1 МВт_{ел} встановленої потужності генерується **40-50 тис. т/рік дигестату**

Споживання
сировини для
біогазу в 2022 р.



- Теоретичний потенціал удобрювальної цінності побічної продукції АПК, перетворюваної на біогаз:

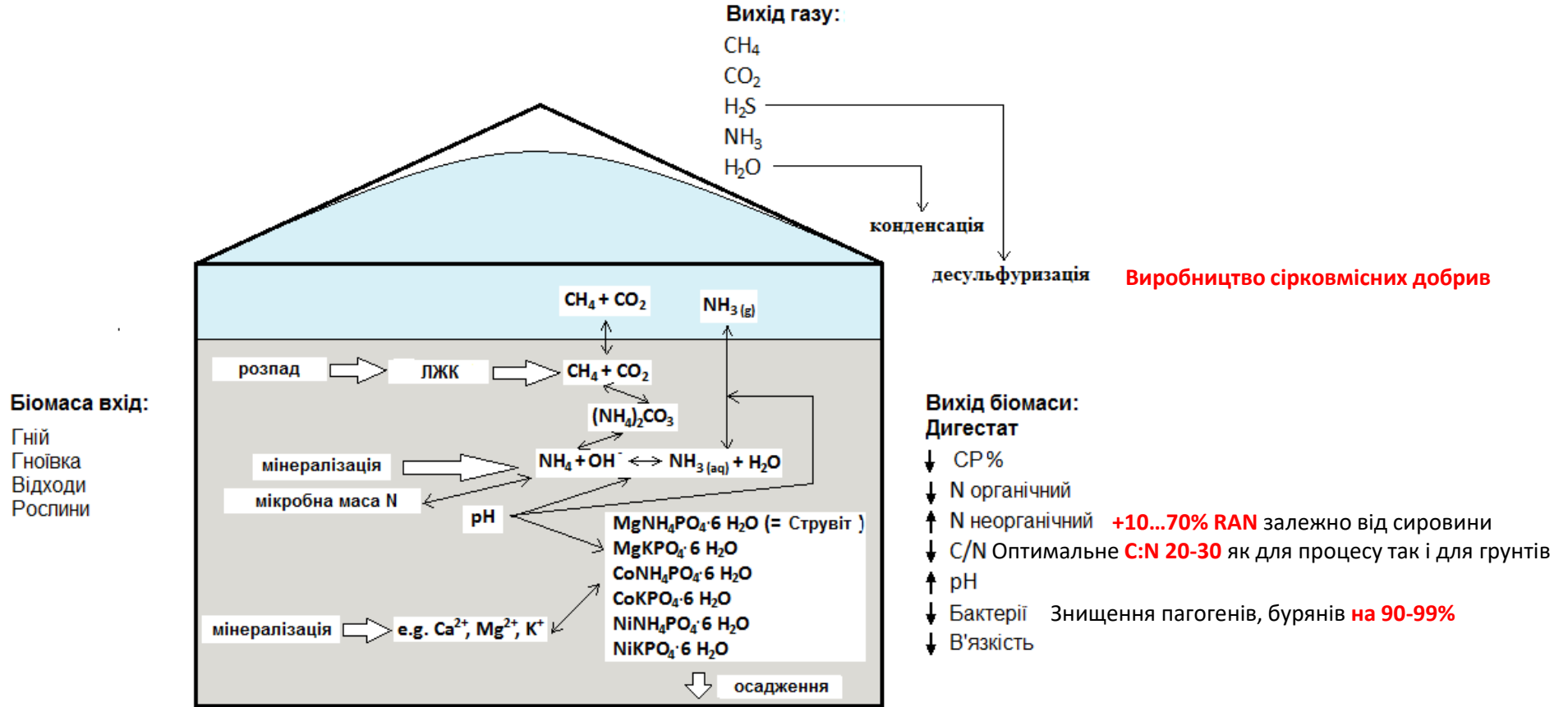
$C_{\text{орг}} > 12$ млн т → до 0,4 т/га ріллі
 $N > 0.7$ млн т → до 100% імпорту
 $P_2O_5 > 0.4$ млн т → до 100% імпорту
 $K_2O > 0.3$ млн т → до 100% імпорту

Дигестат

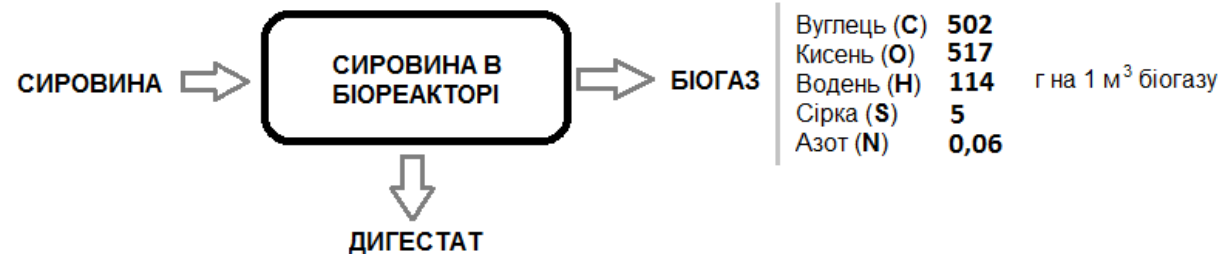
1,725 млн т/рік сирової маси
119,2 тис. т/рік сухої маси

Склад та властивості дигестату

Утворення дигестату в процесі виробництва біогазу



COHSN втрати з біогазом



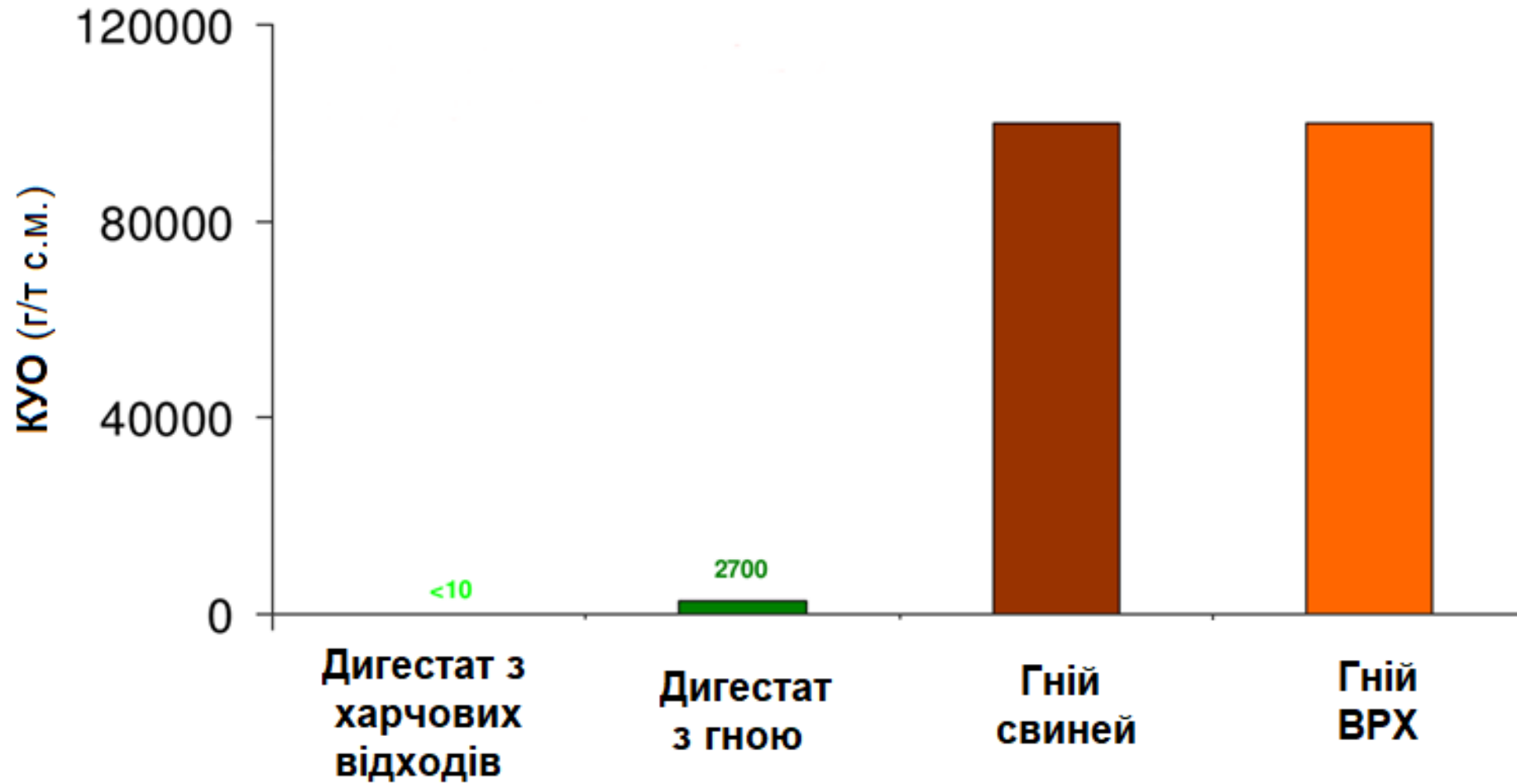
Ключові цінності дигестату

- ✓ Містить **органічний вуглець**, в т.ч. в складі гумінових речовин (1...3% по масі)
- ✓ Містить **комплекс** необхідних для рослин **макро- та мікронутрієнтів** (N, P, K, Mg, S, ...)
- ✓ **Підвищує урожайність** с/г культур, у порівнянні з мінеральними добривами
- ✓ **Висока частка доступного для рослин азоту** (до +10...70% у порівнянні з не збродженими матеріалами)
- ✓ Оптимальне для ґрунту співвідношення **C:N = 20...30**
- ✓ Оптимальне для ґрунту значення показника **pH 6,8...7,5**
- ✓ Містить **активні популяції бактерій**, що сприяють розпаду органіки в ґрунті (біодобриво)
- ✓ **Волога** (сприяє проникненню в ґрунт поживних речовин, в т.ч. мінеральних добрив)
- ✓ **Сприяє зниженню щільності, підвищенню вологоутримуючої здатності та розкисленню ґрунтів**
- ✓ Потенціал **скорочення викидів парникових газів** (до 6 кг CO_{2eq} на 1 кг заміщених азотних добрив)
- ✓ Органічне маркування продукції в промисловості органічного виробництва

Параметри процесу, що впливають на обсяг та склад дигестату

Параметр процесу	Вплив на склад дигестату
Додавання значної кількості свіжої води	• Збільшення обсягу утворюваного дигестату • Низька концентрація солей/аміачного азоту • Низький вміст сухих речовин
Значний обсяг рециркуляції рідкої фракції (повторне використання рідкої фракції дигестату як технологічної рідини)	• Зменшення обсягу утворюваного дигестату • Висока концентрація солей/аміачного азоту • Збільшення вмісту сухих речовин в дигестаті
Короткий період утримання в реакторі	• Висока концентрація летких жирних кислот (VFA) • Висока частка органіки в сухій речовині • Низька частка амонійного азоту до загального азоту

Вміст патогену E.Coli в гноєві та в дигестаті



Bryan Lewens, UK 2017

Defra FIO-FARM project

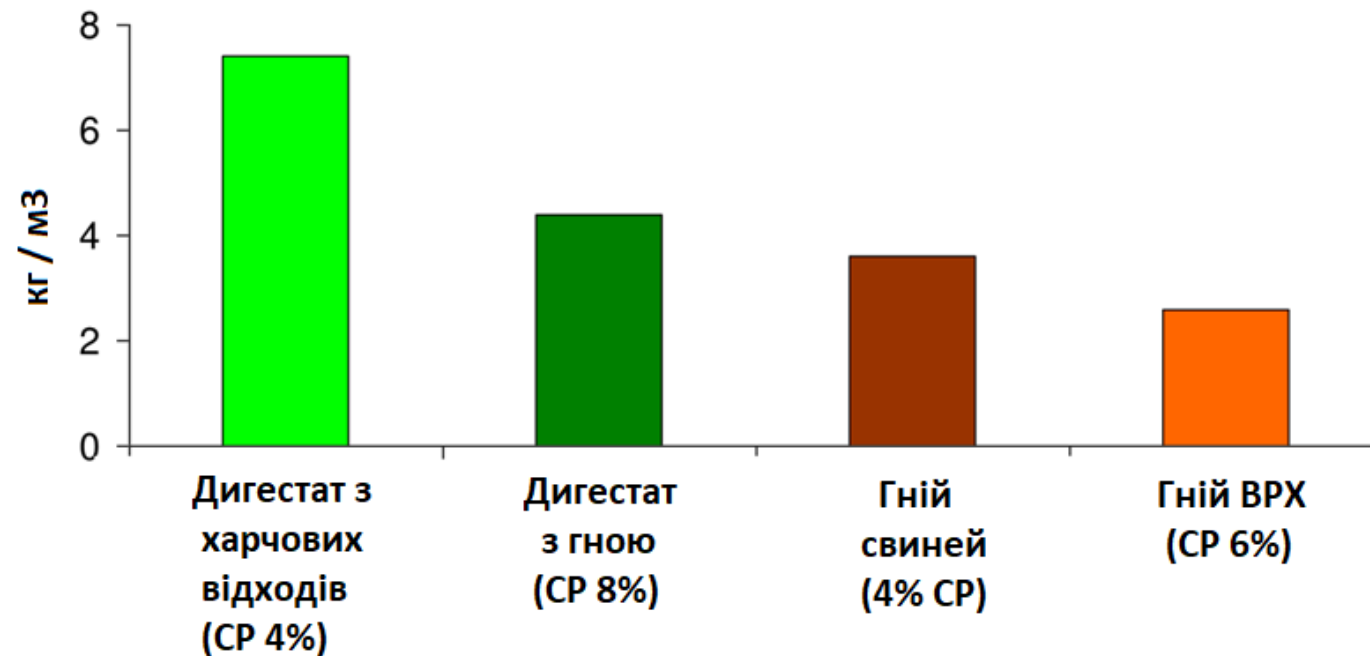
КУО - колонієутворююча одиниця

Удобрювальна цінність дигестату

Середні типові значення вмісту поживних речовин в дигестаті

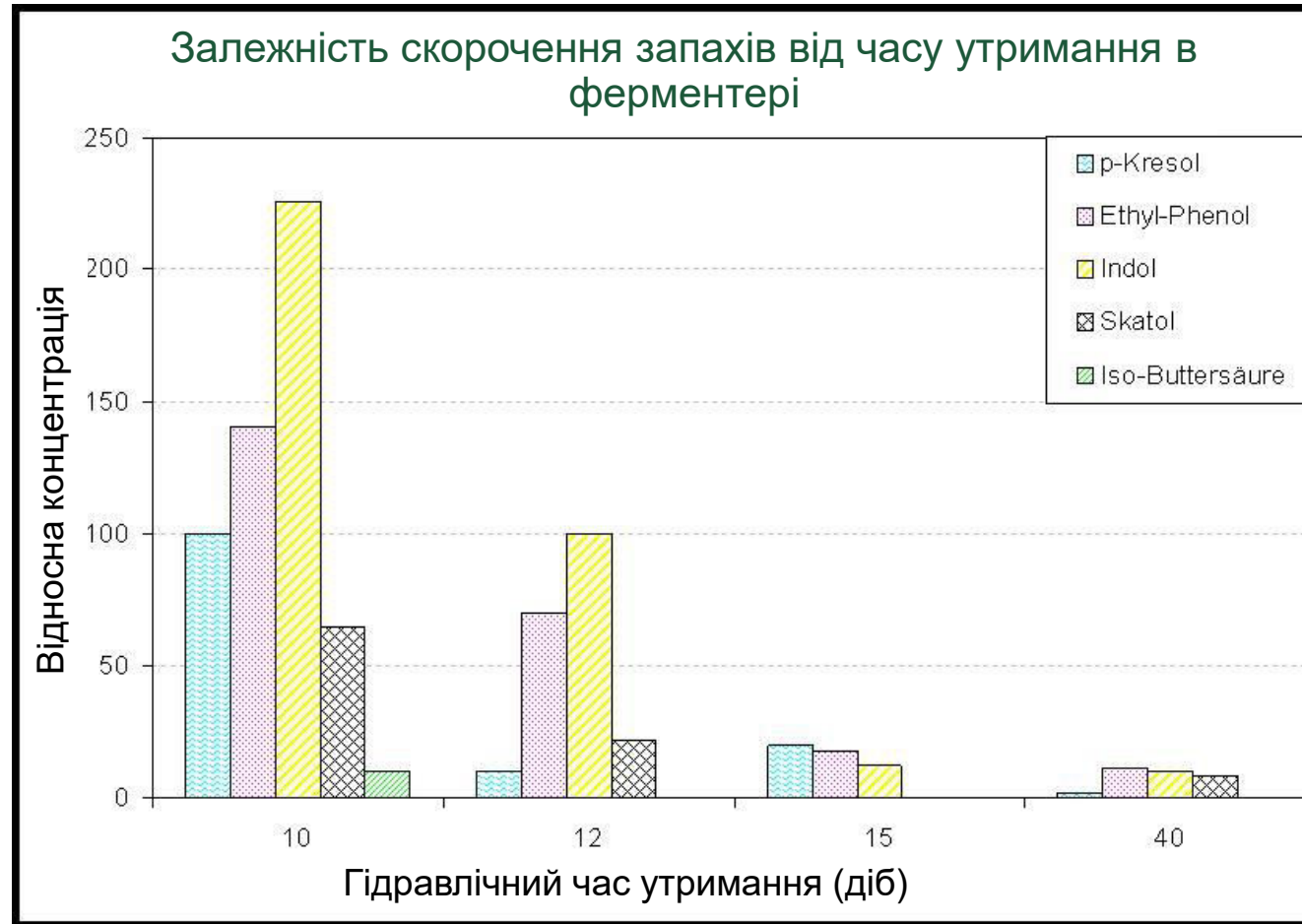
Форма дигестату	СР [%]	N _{total} [kg/m ³]	NH ₄ [kg/m ³]	NH ₄ [% of N _{total}]	P ₂ O ₅ [kg/m ³]	K ₂ O[kg/m ³]
Сирий дигестат	6.5	5.1	3.2	62.7	2.3	5.5
Рідка фракція	5.7	4.9	3.1	63.3	2.0	5.4
Тверда фракція	24.3	5.8	2.7	46.5	5.0	5.8

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



"Fertiliser Manual (RB209)", Bryan Lewens 2017

Ароматика



- В результаті анаеробної ферментації знижується концентрація індолу та скатолу, котрі відповідають за типовий запах фекалій, а також інших речовин
- Чим більша тривалість утримання сировини в ферментері тим більшим є зниження інтенсивності неприємних запахів

Фітогігієна

Патогени рослин: анаеробна ферментація знищує багато патогенів рослин від 6 годин до 6 діб. Виняток: карантинні шкідники (наприклад, рак картоплі)

Насіння бур'янів: чим довше насіння в рідкому гної піддається процесу і чим вища температура, тим швидше знижується здатність до проростання.

Управління якістю дигестату

Напрямки управління якістю дигестату

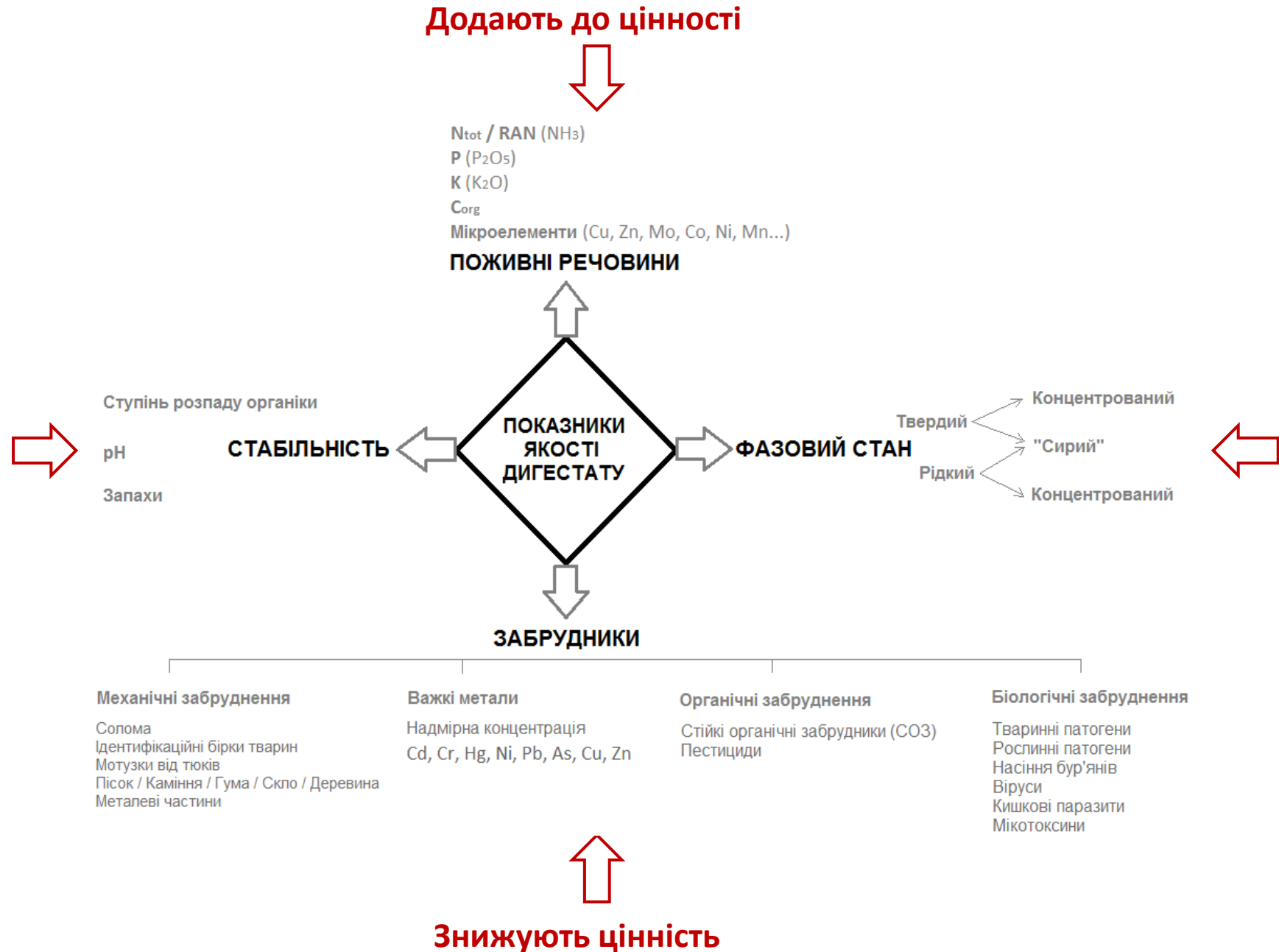
- **Дігестат**, що утворюється в біогазових установках, - залишки сировини, побічних продуктів та відходів тваринного або рослинного походження, в суміші або ні, що утворюються в результаті контрольованого процесу анаеробного зброджування з виділенням біогазу, що відповідає вимогам, встановленим **Регламентом (ЄС) 2019/1009** Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 року про встановлення правил розміщення на ринку добрив ЄС та вносить зміни до Регламентів (ЄС) 1069/2009 та (ЄС) 1107/ 2009 та про скасування Регламенту (ЄС) 2003/2003
- Є два основні напрямки управління якістю дигестату, а саме: **запобігання** та **обробка**.
- Основне правило полягає в тому, що якщо ефективного видалення забруднюючих речовин не може бути гарантоване ні попередньою обробкою, ні в процесі зброджування, відповідний матеріал не повинен використовуватися як вихідна сировина на біогазових установках, де дигестат використовується як добриво, або для інших сільськогосподарських цілей.

Стратегії поводження з дигестатом

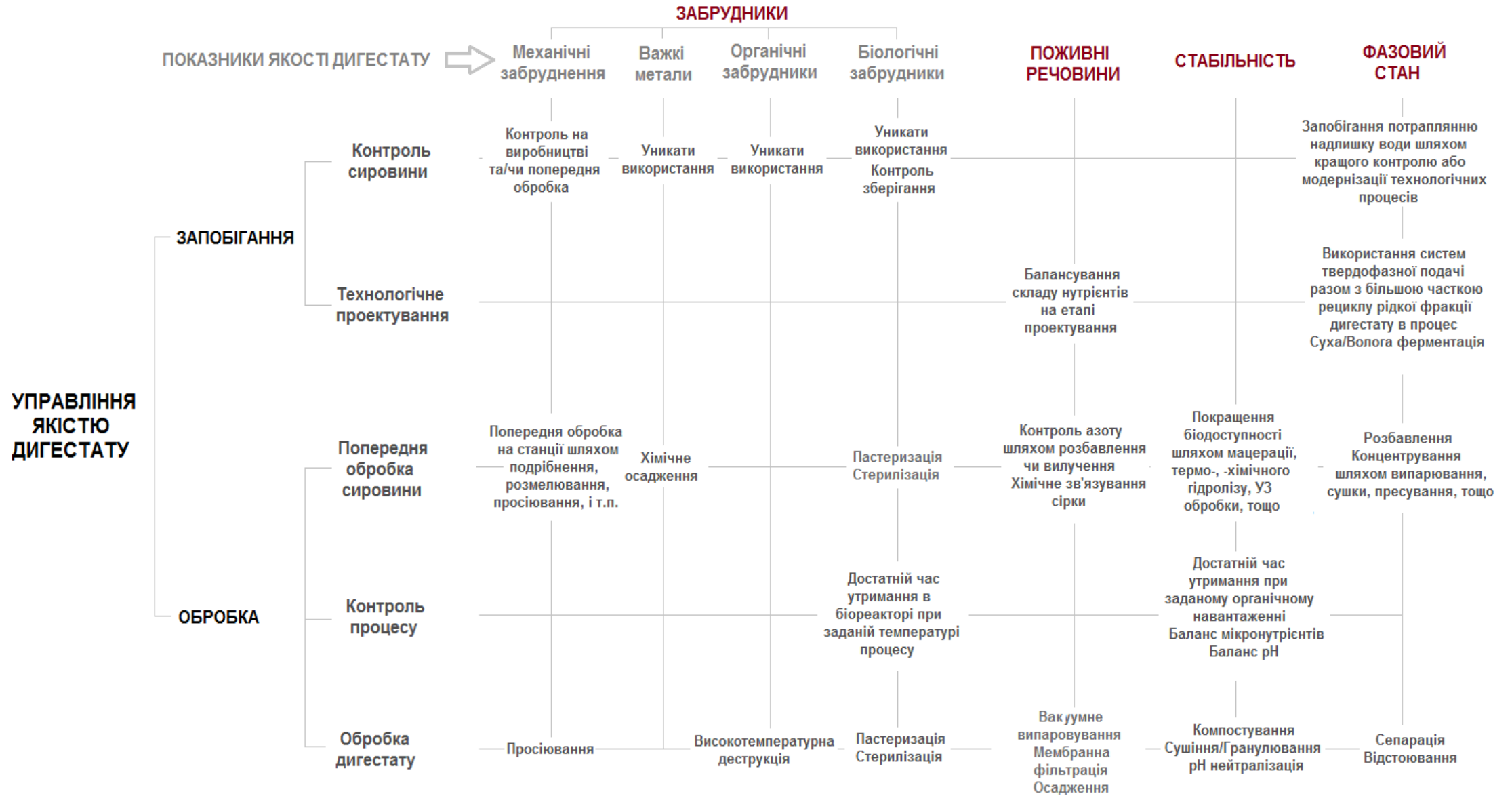
Рівень обробки дигестату	Поводження з дигестатом	Рекомендації відповідно рівням
Базовий рівень: Поточна переважаюча практика при наявності достатніх площ власних земель	▪ Розділення на рідку та тверду фракції в шнековому сепараторі ▪ Зберігання рідкої та твердої фракції до внесення на поля (весна/осінь) ▪ Дигестат вноситься на поля як побічний продукт (відходи) переробки відходів/продукції рослинного та тваринного походження ▪ Дигестат вноситься на власні поля компаній та агрохолдингів, розташовані в безпосередній близькості до біогазової станції	▪ Мінімізація обсягів утворення дигестату на етапі технологічного проектування біогазової станції ▪ Зменшення витрат на доставку ▪ Використання кращих практик щодо внесення дигестату
Альтернатива 1-го рівня: ▪ обсяги дигестату перевищують можливості по внесенню на власні поля; ▪ компанія не має власних полів в доступній близькості	▪ Мінімізація обсягів з використанням скидного тепла від КГУ та/або подальшим концентруванням методами фільтрації ▪ Коригування вмісту поживних речовин в концентрованих розчинах до стандартизованих показників (виробництво спеціалізованого добрива під тип ґрунту та/чи під тип культури)	▪ Рекомендується при необхідному радіусі доставки більше 40-50 км ▪ Залучення спеціалізованих компаній з виробництва добрив на основі органічної сировини
Альтернатива 2-го рівня: ▪ Доступних полів для внесення дигестату немає в економічно доцільному радіусі доставки; ▪ Існує/створено попит на високоякісні органічні добрива з високою доданою вартістю	▪ Створення сертифікованих ринкових продуктів – органічних добрив чи покращувачів ґрунту з дигестату чи його похідних, з використанням скидного тепла від КГУ та електричної енергії ▪ Розміщення продуктів на ринку добрив (агрохімікатів) ▪ Експорт	▪ Створення оператором системи контролю та забезпечення стандартизованої якості дигестату ▪ Створення системи добровільної сертифікації ▪ Залучення спеціалізованих компаній з виробництва добрив

Показники якості дигестату

Зручність та безпека у використанні та торгівлі



Матриця управління якістю дигестату



Правові підстави для комерціалізації дигестату в ЄС

- Для доступу на ринок, будь-який вид добрив в ЄС повинен відповідати вимогам **Регламенту (ЄС) 2019/1009 щодо правил доступу на ринок ЄС удобрювальних продуктів** від 5 червня 2019 року.
- Головною особливістю даного Регламенту є чітка категоризація продуктів за функціональним призначенням та за матеріальною складовою
- Вимоги встановлюються як окремо до категорій продуктів за функціональним призначенням, так і до категорій продуктів за матеріальним компонентом
- **Вимоги до дигестату** стосуються:
 - походження сировини (практично всі види, окрім мулів стічних вод, органічної фракції ТПВ зі змішаного потоку, деяких категорій побічних продуктів тваринництва)
 - вмісту домішок (необхідних для регулювання біохімічного процесу),
 - чіткого розмежування ліній обробки сировини та дигестату (включно з місцями зберігання дигестату) в межах біогазової станції,
 - контролю розпаду органічного матеріалу (з поєднанням термофільного режиму зброджування при 55°C, пастеризацією та/або компостуванням), вмісту макроскопічних домішок (скла, металу чи пластику),
 - залишкової біохімічної активності (вираженої через споживання кисню або залишковий потенціал утворення біогазу)
- За умови відповідності нормам Регламенту, дигестат чи продукт з нього може бути класифікований за функціональним призначенням і отримати маркування **СЕ**, щоб таким чином мати вільний доступ на ринки ЄС

Категоризація добрив за функціональним призначенням

КАТЕГОРІЇ ПРОДУКТІВ ЗА ФУНКЦІОНАЛЬНИМ ПРИЗНАЧЕННЯМ (PFC)					
PFC рівень 1	_PFC рівень 2	_PFC рівень 3	_PFC рівень 4	_PFC рівень 5	_PFC рівень 6
1. Добриво	A. Органічне добриво	I. Тверде органічне добриво			
		II. Рідке органічне добриво			
	B. Органо-мінеральне добриво	I. Тверде органо-мінеральне добриво			
		II. Рідке органо-мінеральне добриво			
	C. Неорганічне добриво	I. Неорганічне макро-нутрієнтне добриво	(a) Тверде неорганічне макро-нутрієнтне добриво	(i) Тверде неорганічне макро-нутрієнтне добриво направленої дії	(A) Тверде неорганічне макро-нутрієнтне амоній-нітратне добриво направленої дії з високим вмістом азоту
				(ii) Композиційне тверде неорганічне макро-нутрієнтне добриво	(A) Композиційне тверде неорганічне макро-нутрієнтне амоній-нітратне добриво з високим вмістом азоту
			(b) Рідке неорганічне макро-нутрієнтне добриво	(i) Рідке неорганічне макро-нутрієнтне добриво направленої дії	
				(ii) Композиційне рідке неорганічне макро-нутрієнтне добриво	
		II. Неорганічне мікро-нутрієнтне добриво	(a) Неорганічне мікро-нутрієнтне добриво направленої дії		
			(b) Композиційне неорганічне мікро-нутрієнтне добриво		
2. Хімічний меліорант					
3. Покращувач ґрунту	A. Органічний покращувач ґрунту				
	B. Неорганічний покращувач ґрунту				
4. Ґрунтове середовище					
5. Інгібітор	A. Інгібітор нітрифікації				
	B. Інгібітор денітрифікації				
	C. Інгібітор уреази				
6. Стимулятор росту рослин	A. Мікробний стимулятор росту рослин				
	B. Не мікробний стимулятор росту рослин				
7. Удобрювальна суміш					

Категоризація добрив за компонентним складом

КАТЕГОРІЇ ПРОДУКТІВ ЗА КОМПОНЕНТНИМ СКЛАДОМ (СМС)
СМС 1: Природні речовини та суміші
СМС 2: Рослини, їх частини або екстракти
СМС 3: Компост
СМС 4: Дигестат з рослинної сировини
СМС 5: Дигестат інший
СМС 6: Побічні продукти харчової промисловості
СМС 7: Мікроорганізми
СМС 8: Полімери нутрієнтів
СМС 9: Полімери інші
СМС 10: Похідні продукти у значенні Регламенту (ЄС) № 1069/2009
СМС 11: Побічні продукти у значенні Директиви 2008/98/ЕС

Вимоги до вхідних матеріалів – дигестат може містити:

Дигестат з рослинної сировини

- рослини або частини рослин, вирощені для виробництва біогазу, а також водорості (окрім синьо-зелених – ціанобактерій), в свіжому або попередньо збродженому вигляді
- добавки для процесу (zareєстровані та дозволені), але не більше 5% від маси сировини

Дигестат інший

- біо-відходи з систем роздільного збору ТПВ
- відходи тваринного походження, не призначені для вживання людиною (дозволені)
- живі чи мертві організми чи їх частини, необроблені або виділені шляхом визначеного списку процесів, за виключенням: органічної фракції змішаних ТПВ, осадів СВ, промислових осадів, відходів тваринного походження (не дозволених)
- добавки для процесу (zareєстровані та дозволені), але не більше 5% від маси сировини
- перераховані види дозволених вхідних матеріалів можуть бути в свіжому, попередньо збродженому або попередньо компостованому вигляді, але не повинні містити більш ніж 6 мг/кг PAH₁₆

PAH – поліциклічні ароматичні вуглеводні

PAH₁₆ – сума naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, indeno[1,2,3-cd]pyrene, dibenzo[a,h]anthracene and benzo[ghi]perylene

Вимоги до процесу обробки вхідних матеріалів

стосується обох видів дигестату

- Анаеробне зброджування повинно складатися з **контрольованого розкладання** біорозкладаних матеріалів, яке є **переважно анаеробним і при температурах, придатних для мезофільних або термофільних бактерій**
- Усі частини кожної партії матеріалу повинні **регулярно та ретельно перемішуватись** так, щоб забезпечити належний рівень санітарної обробки та однорідність матеріалу
- Під час процесу анаеробного зброджування всі частини кожної партії матеріалу **повинні піддаватись одному з наступних температурно-часових режимів:**
 - 1) термофільне анаеробне зброджування при **55°C** протягом принаймні **24 годин з подальшим** гідравлічним часом утримання **щонайменше 20 діб**
 - 2) термофільне анаеробне зброджування при **55 °C** або мезофільне анаеробне зброджування при **37-40 °C** з **подальшим процесом пастеризації** (при **70°C** протягом **1 години**)
 - 3) термофільне анаеробне зброджування при **55 °C** або мезофільне анаеробне зброджування при **37-40 °C** з **подальшим компостуванням** при наступних умовах:
 - при температурі **70 °C** та більше протягом принаймні **3 діб**
 - при температурі **65 °C** та більше протягом принаймні **5 діб**
 - при температурі **60 °C** та більше протягом принаймні **7 діб**
 - при температурі **55 °C** та більше протягом принаймні **14 діб**

Вимоги до організації процесу на біогазовій станції

стосується обох видів дигестату

- **виробничі лінії** підготовки вхідних матеріалів для дигестату з рослинної сировини та дигестату іншого повинні бути **чітко розмежовані між собою**
- **забезпечено відсутність будь-якого фізичного контакту між вхідними матеріалами та дигестатом**, в т.ч. під час зберігання

Вимоги до стабільності дигестату

стосується обох видів дигестату

Повинна виконуватись принаймні одна з наступних умов:

- **рівень споживання кисню не більше 25 ммоль O_2 /кг органічної речовини, або**
- **не більше 0,25 л біогазу на 1 г ЛОС (летких органічних сполук, при 550 °C)**

Вимоги до вмісту домішок

стосується лише дигестату іншого

- не повинен містити більш, ніж 3 г/кг сухої речовини макроскопічних домішок розміром більше 2 мм для кожного з окремих видів домішок, включно: **скло, метал або пластик**
- не повинен містити більш, ніж 5 г/кг сухої речовини макроскопічних домішок розміром більше 2 мм суми окремих видів домішок, включно: **скло, метал або пластик**

Вимоги до вмісту РАН₁₆

стосується лише дигестату іншого

- ні рідка, ні тверда фракції дигестату не повинні містити більш, ніж 6 мг/кг РАН₁₆

Вимоги до окремих функціональних продуктів

Показник		ВИМОГИ ДО СКЛАДУ ОКРЕМИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ ЗГІДНО Регламенту (ЄС) 2019/1009			
		PFC 1(A): ОРГАНІЧНЕ ДОБРИВО		PFC 3(A): ОРГАНІЧНИЙ ПОКРАЩУВАЧ ҐРУНТУ	PFC 4: ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ
		PFC 1(A)(I): ТВЕРДЕ ОРГАНІЧНЕ ДОБРИВО	PFC 1(A)(II): РІДКЕ ОРГАНІЧНЕ ДОБРИВО		
Походження матеріалу		100% виключно біологічне		95 % виключно біологічне	повинне бути добривом в ЄС, крім ґрунту in situ
C _{орг}		> 15 % п.м.	> 5 % п.м.	> 7.5 % п.м.	н.в.
Поживні речовини		> 4 % п.м.	> 3 % п.м.	н.в.	н.в.
Cd	[мг/кг СР]	< 1.5		2	1.5
Cr VI		< 2		2	2
Hg		< 1		1	1
Ni		< 50		50	50
Pb		< 120		120	120
Неорг. As		< 40		40	40
Cu		< 300		300	200
Zn		< 800		800	500
Біурет C ₂ H ₅ N ₃ O ₂		не має містити		н.в.	
Фосфонати		Не повинні додаватись. Випадкове потрапляння не повинно перевищувати 0.5% п.м.			
Патогени	Salmonella spp.	відсутня в 25 г чи 25 мл			
	Escherichia coli чи Enterococcaceae	< 1000 в 1 г чи 1 мл			
Органічна речовина		> 26.8 % п.м.	> 8.9 % п.м.	> 13.4 % п.м.	н.в.
Суха речовина		н.в.		> 20 % п.м.	н.в.
N заг.		> 1 % п.м.	> 1 % п.м.	н.в.	н.в.
P ₂ O ₅		> 1 % п.м.	> 1 % п.м.	н.в.	н.в.
K ₂ O		> 1 % п.м.	> 1 % п.м.	н.в.	н.в.
Насіння бур'янів		н.в.			
Домішки		н.в.			
S		н.в.			
pH		н.в.			
Солоність/Електропровідність		н.в.			

Витяг з переліку речовин (інгредієнтів, компонентів), що дозволяється використовувати у процесі органічного виробництва та які дозволені до використання у гранично допустимих кількостях

Найменування	Опис, вимоги до складу, умови застосування
Компостована або ферментована суміш речовин рослинного походження	Продукт, отриманий при змішуванні речовин рослинного походження, які пройшли процес компостування або анаеробної ферментації для виробництва біогазу
Дигестат біогазу, що містить побічні продукти тваринного походження, перероблені разом з матеріалами рослинного або тваринного походження, переліченими у цьому розділі	Побічні продукти тваринного походження (включаючи побічні продукти диких тварин) категорії III та вміст шлунково-кишкового тракту категорії II (категорії II і III відповідно до Закону України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною») не повинні бути отримані з неорганічного тваринництва Процеси повинні відповідати Закону України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» Не використовувати на їстівних частинах рослин

Методи обробки та збагачення дигестату

Можливі мотивації поглибленої переробки дигестату

Зниження вартості на зберігання, транспортування та внесення

- Сезонні обмеження
- Недостатні об'єми для зберігання рідкої фракції дигестату
- Високі затрати на транспортування

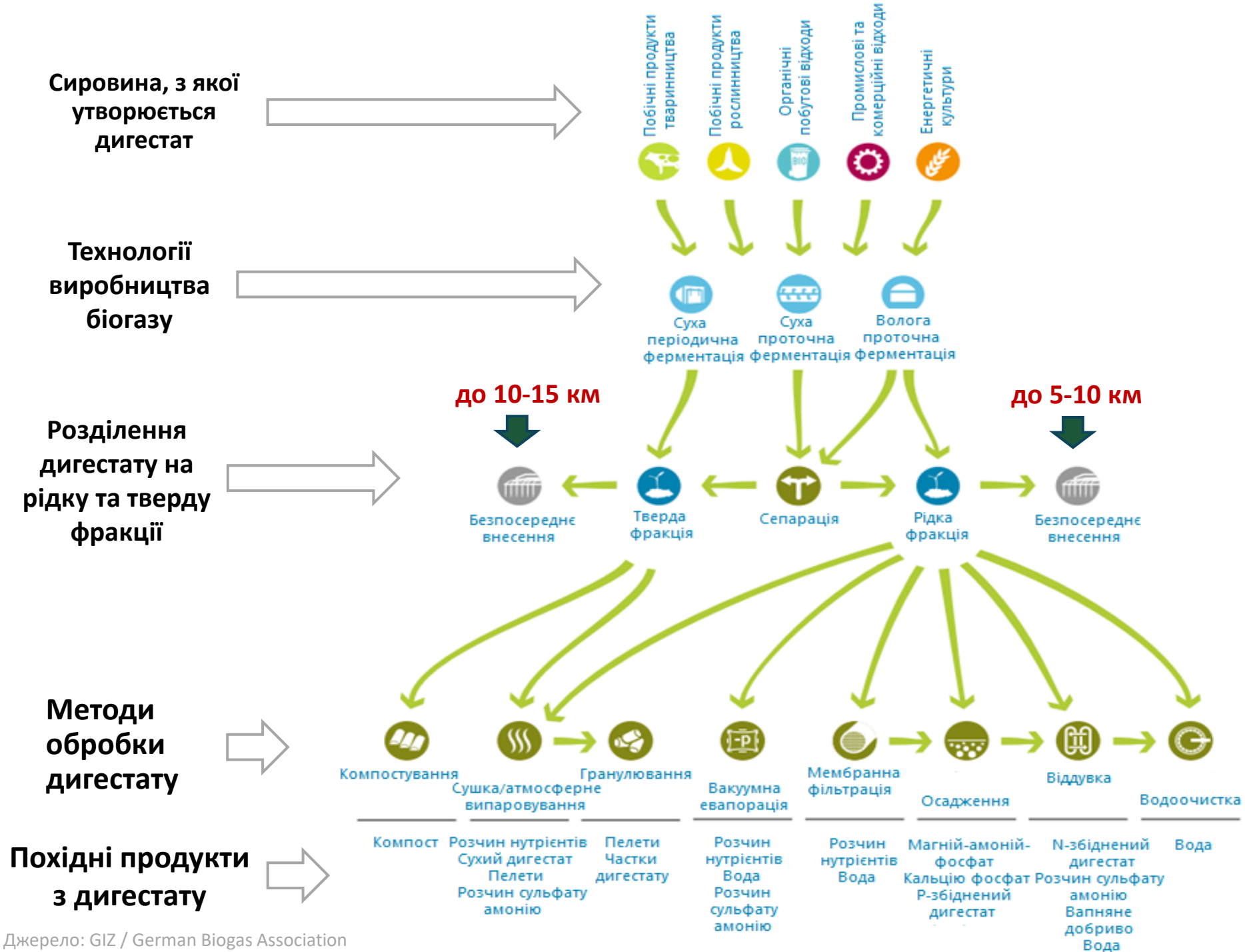
Додатковий дохід

Експорт в інші регіони → рельєф ділянок із надлишком поживних речовин

- Використання, окрім сільського господарства, наприклад, в озелененні, виноградарстві, садівництві
- Маркетинг приватним садівникам через садові центри, магазини будівельних виробів, ...
- Заміна середовища для вирощування, ґрунту для горщиків, заміна торфу тощо.

Подальші вигоди

- Виробництво спеціальних добрив з відомим вмістом поживних речовин
- Зменшення втрат поживних речовин (втрат нітратів), викидів NH_3 , добробуту тварин
- Кращі практики поводження (наприклад, гранули, мішки з ґрунтом для горщиків, ...)



Продукти з дигестату та їх ринкові ніші

Похідні продукти з дигестату	CP, %	Обємна вага, кг/м³	Поживні речовини	Методи обробки	Споживання енергії	Споживання матеріалів	Застосування та ринкові ніші
Тверда фракція дигестату (SFD)	20-40		Комплекс N – 25-35% of RD P – 55-65% of RD K – 20-30% of RD C – 60-70% of RD	Сепарація дигестату	0.2-0.6 – SP 2-5 – DC 1.2-5 - BP	Нема (для сирого дигестату з високим вмістом волокон) Осаджувальні реагенти/ флокулянти (для тонкої сепарації)	Комплексне органічне добриво; Покращувач ґрунту; Компонент для компостування; Компонет для рекультивації ґрунтів; Сировина для виробництва DSFD та DP
Рідка фракція дигестату (LFD)	1-8	Прибл. 1000-1030	Комплекс N – 65-75% of RD P – 35-45% of RD K – 70-80% of RD C – 60-70% of RD	Сепарація дигестату	0.2-0.6 – SP 2-5 – DC 1.2-5 - BP	Нема	Комплексне органічне добриво швидкої дії на прилеглих землях; Сировина для виробництва DDP
Висушена тверда фракція дигестату (DSFD)	> 90	250-350	Комплекс (як в SFD (NH ₃ збіднений від нагрівання))	Сушіння SFD	750-1200 kWh _{therm} /m³ H ₂ O	Нема	Органічне добриво повільної дії; Покращувач ґрунту; Сировина для виробництва DP
Гранули з дигестату (DP)	> 90	700-750	Комплекс (як в DSFD)	Гранулювання DSFD	30-50 kWh _{el} /t	Нема	Органічне добриво повільної дії; Виробництво енергії
Сульфат амонію (AS)		Розчин	(NH ₄) ₂ SO ₄	Віддувка повітрям/парою LFD з регенерацією H ₂ SO ₄	5-10 kWh _{el} + 45-100 kWh _{th} per 1 m³	H ₂ SO ₄	Прямий замінник штучного сульфату амонію Хімічна промисловість
N-збіднений дигестат (N-D)	1-8	Прибл. 1000-1030	Complex (NH ₃ reduced)	Віддувка повітрям/парою LFD з регенерацією H ₂ SO ₄	Produced with AS	Нема	Recycle to AD process; N-reduced complex organic fertilizer
Аміачна вода (AW)		Розчин	NH ₃ ·H ₂ O 25...35% of NH ₃	Віддувка парою LFD	5-10 kWh _{el} + 45-100 kWh _{th} per 1 m³	Вода	Прямий замінник аміачної води Хімічна промисловість
Магnezій амоній фосфат (струвіт) (MAP)		Кристалічний камінь	MgNH ₄ PO ₄ ·6H ₂ O	Осадження в пермеаті після фільтрації LFD	10-15 kWh _{el} /m³	H ₃ PO ₄ , MgO, NaOH	Замінник азотних та фосфорних добрив Хімічна промисловість
N-збагачений струвіт (N+MAP)			MAP + AS	Збагачення з використанням AS		(NH ₄) ₂ SO ₄	Замінник азотних та фосфорних добрив
Концентрат зворотнього осмосу (RO-C)			Комплекс	Мікро-, ультра-, нано-фільтрація, зворотній осмос	10-30 kWh _{el} /m³	Осаджувальні реагенти/ флокулянти	Концентроване органічне добриво швидкої дії
Гранульоване добриво (GF)			Комплекс	Адсорбція в LFD		Адсорбенти	Концентроване органічне добриво повільної дії

Примітки: RD – «сирий» дигестат; CP – сухі речовини; SP – шнековий сепаратор; DC – осаджувальна центрифуга; BP – стрічковий прес

Стратегії розміщення дигестату на ринку



Продукти з дигестату бажано:

- Маркувати як **“БІО”** та/чи **“ОРГАНІЧНЕ”**
- Маркувати як **сертифіковане комплексне органічне або біо-органічне добриво**, із зазначення вмісту поживних речовин
- Маркувати як добриво під специфічні культури
- Маркувати як добриво для певного типу ґрунтів

Приклад розрахунку економії на закупівлі мінеральних добрив

Приклад:

весняне внесення 30 м³/га дигестату з фермерської біогазової установки під вирощування врожаю ярого ячменю*

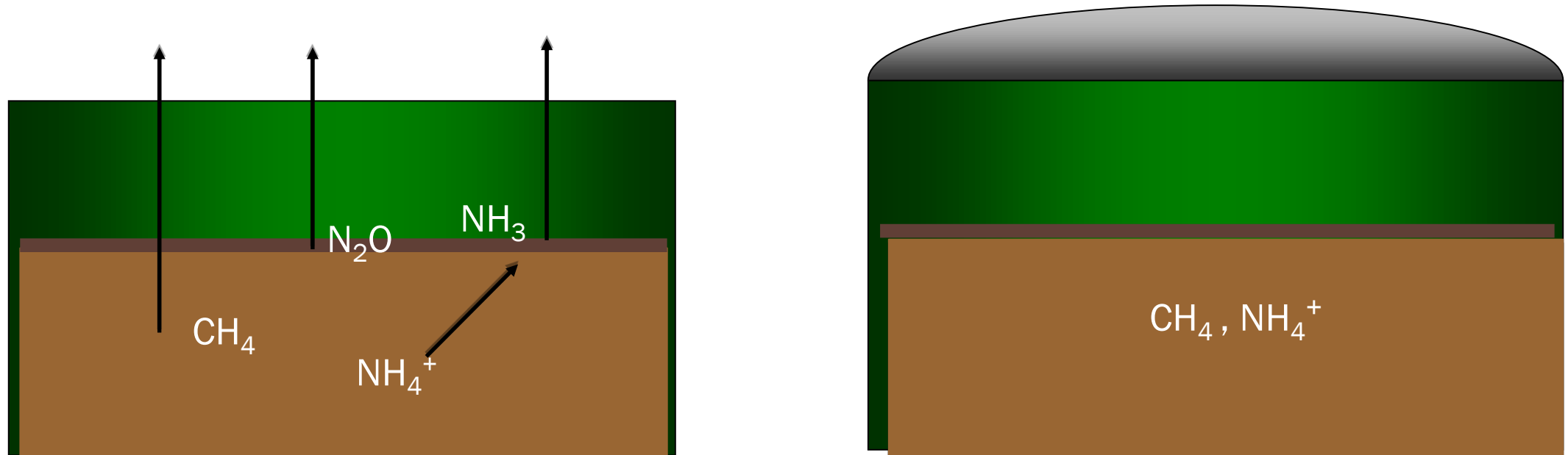
Показник	Азот (N)	Фосфат (P ₂ O ₅)	Калій (K ₂ O)	Економія (€/га)
1. Оцінений вміст NPK в «сирому» дигестаті (кг/т)	3.6	1.7	4.4	
2. Розрахункове внесення NPK з 30 м ³ /га «сирого» дигестату (кг/га)	108	51	132	
3. Доступність NPK у «сирому» дигестаті, прийнята при плануванні балансу потреб рослин в NPK (%)	0.55	1	1	
4. Розрахункове внесення NPK з дигестатом (кг/га)	59	51	132	
5. Загальна потреба ярого ячменю в NPK (кг/га)	145	56	77	
Необхідні витрати на NPK (€)	92.4	40.3	40.9	173.6
6. Потреба в мінеральних NPK добривах у доповнення до дигестату (показник 5 мінус показник 4)	86	5	0	
Необхідні витрати на мінеральні NPK добрива (€)	54.8	3.6	0.0	58.4
7. Фактична економія витрат за перший рік	50.3	23.8	34.5	108.6

Еквівалентна ринкова цінність такого дигестату складає 3.65 €/т

Технології внесення дигестату в ґрунти

Втрати удобрювальної цінності при зберіганні дигестату

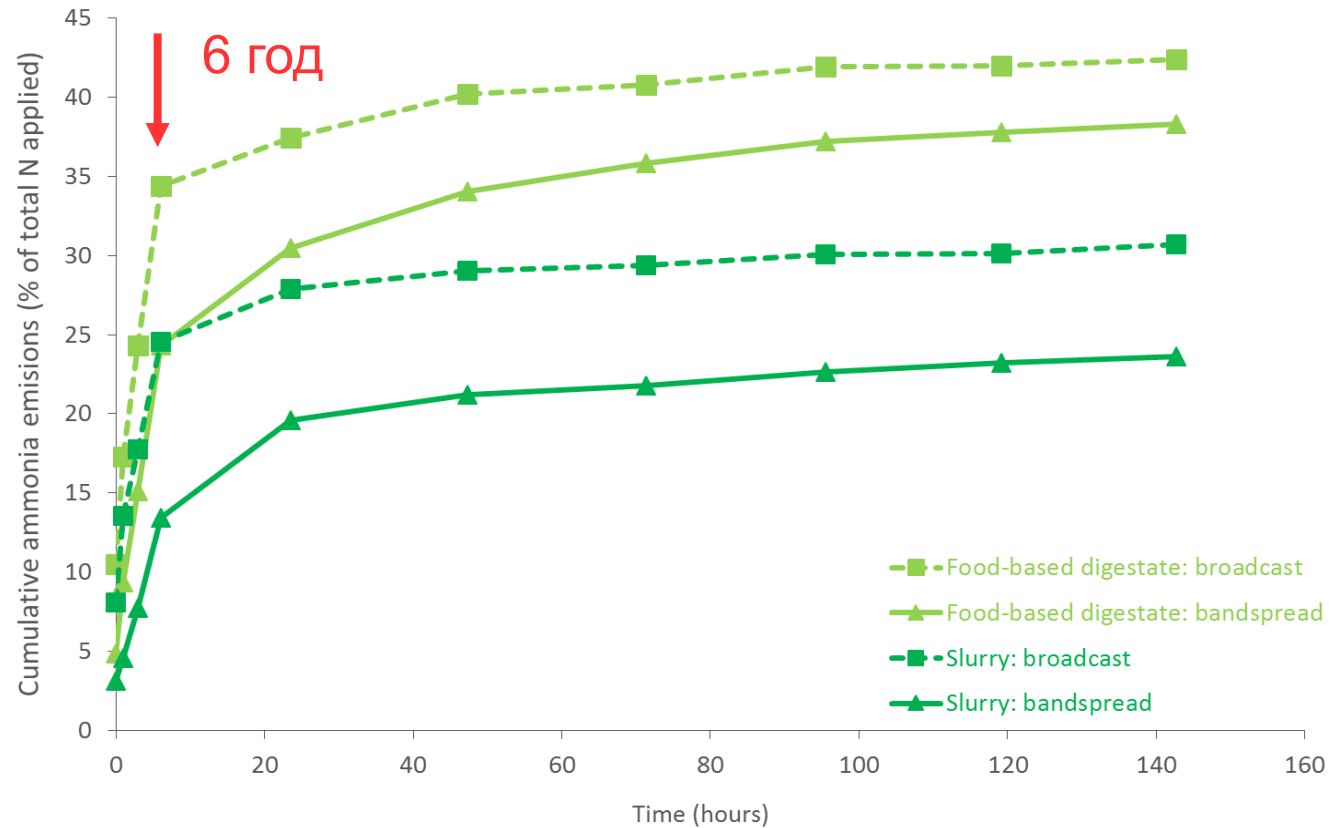
- Після анаеробної ферментації рідкого гною та під час зберігання втрати азоту відбуваються у вигляді аміаку



Source: Walter Stinner, DBFZ, 2020

Крива викидів аміаку після внесення дигестату на поля

Втрати NH_3 в атмосферу



Втрати аміаку можна суттєво скоротити, якщо:

- Використовується шланг або інше обладнання для точного внесення добрив
- Дигестат заорюється в ґрунт якомога швидше.

Характеристика 4 методів внесення рідкого дигестату та сирого гною

	Шлангове	Шлангове з аплікатором	Ін'єкційне	Розпилення
Розподіл гною	Рівномірно	Рівномірно	Рівномірно	Дуже нерівномірно
Ризик випаровування аміаку	Середній	Низький	Низький або відсутній	Високий
Ризик зараження посівів	Низький	Низький	Дуже низький	Високий
Ризик вітрового рознесення	Мінімальний після внесення	Мінімальний після внесення	Немає	Високий
Ризик неприємних запахів	Середній	Низький	Дуже низький	Високий
Продуктивність внесення	Високий	Низький	Низький	Високий
Ширина захвату	12-28 м	6-12 м	6-12 м	6-10 м
Механічне пошкодження культур	немає	немає	Високий	немає
Вартість внесення	Середня	Середня	Висока	Низька
Видимість гною на полі	Низька	Низька	Дуже низька	Висока

UABIO

Дякую за увагу!

Біоенергетична асоціація України
uabio.org

e-mail: kucheruk@secbiomass.com