



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Вплив на ґрунт від вилучення з поля побічної продукції сільськогосподарських культур



Желєзна Т.А., к.т.н.
ТОВ «НТЦ «Біомаса»
Біоенергетична асоціація України, експерт



Зміст



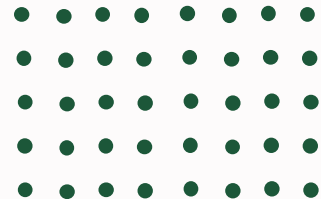
01 Динаміка стану ґрунтів України

02 Класифікація сільськогосподарських залишків як відходів чи побічної продукції

03 Дослідження європейських, американських і українських фахівців.

04 Зарубіжний досвід

05 Ситуація в Україні

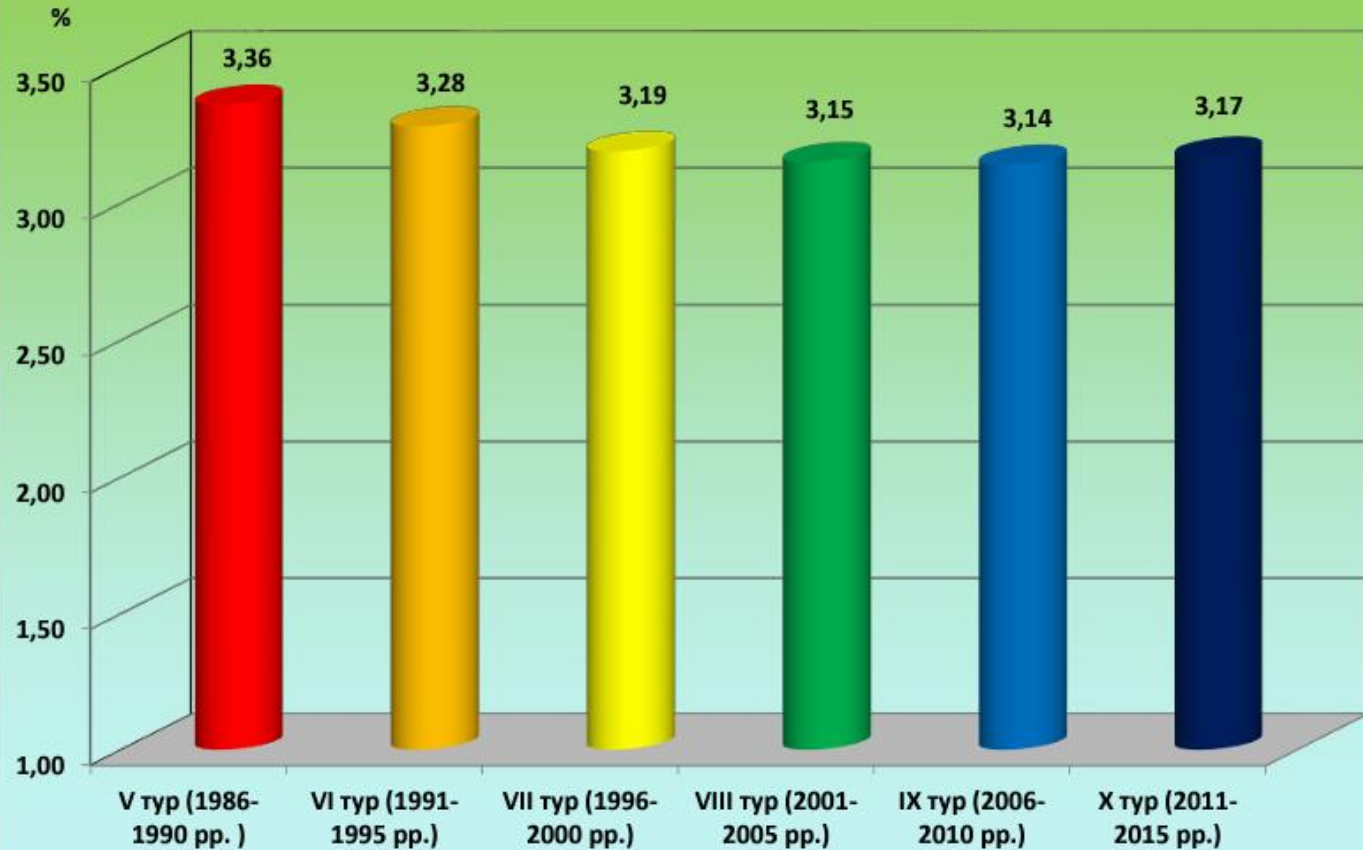




Стан ґрунтів в Україні



ДИНАМІКА ВМІСТУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ҐРУНТАХ УКРАЇНИ



Джерело: Юрій Кривда (Директор Черкаської філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів»). «Стан родючості ґрунтів України». Міжнародний семінар «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення», 27.09.2018, Київ <https://saf.org.ua/news/94/>

Вміст гумусу в ґрунтах України

Природно-кліматичні зони	Вміст гумусу, %		
	фактичний 2012 / 2021*	оптимальний	різниця*
Степ	3,5 / 3,45	4,3	0,85
Лісостеп	3,3 / 3,21	4,3	1,09
Полісся	1,9 / 2,33	2,6	0,27
По Україні	3,1 / 3,16	4,0	0,84

* ДУ «Інститут охорони ґрунтів»

<https://agrotimes.ua/agronomiya/najnyzhchyy-vmist-gumusuv-grunti-na-zhytomyrshhyni-ta-volyni/>

Для досягнення **бездефіцитного** балансу гумусу необхідне щорічне внесення **органічних добрив**:
Степ – 8,8 т/га, Лісостеп – 10,7 т/га, Полісся – 14,3 т/га при середній нормі для України **10,4 т/га**.

➔ **Потреба в органічних добривах суттєво залежить від сівозмін**

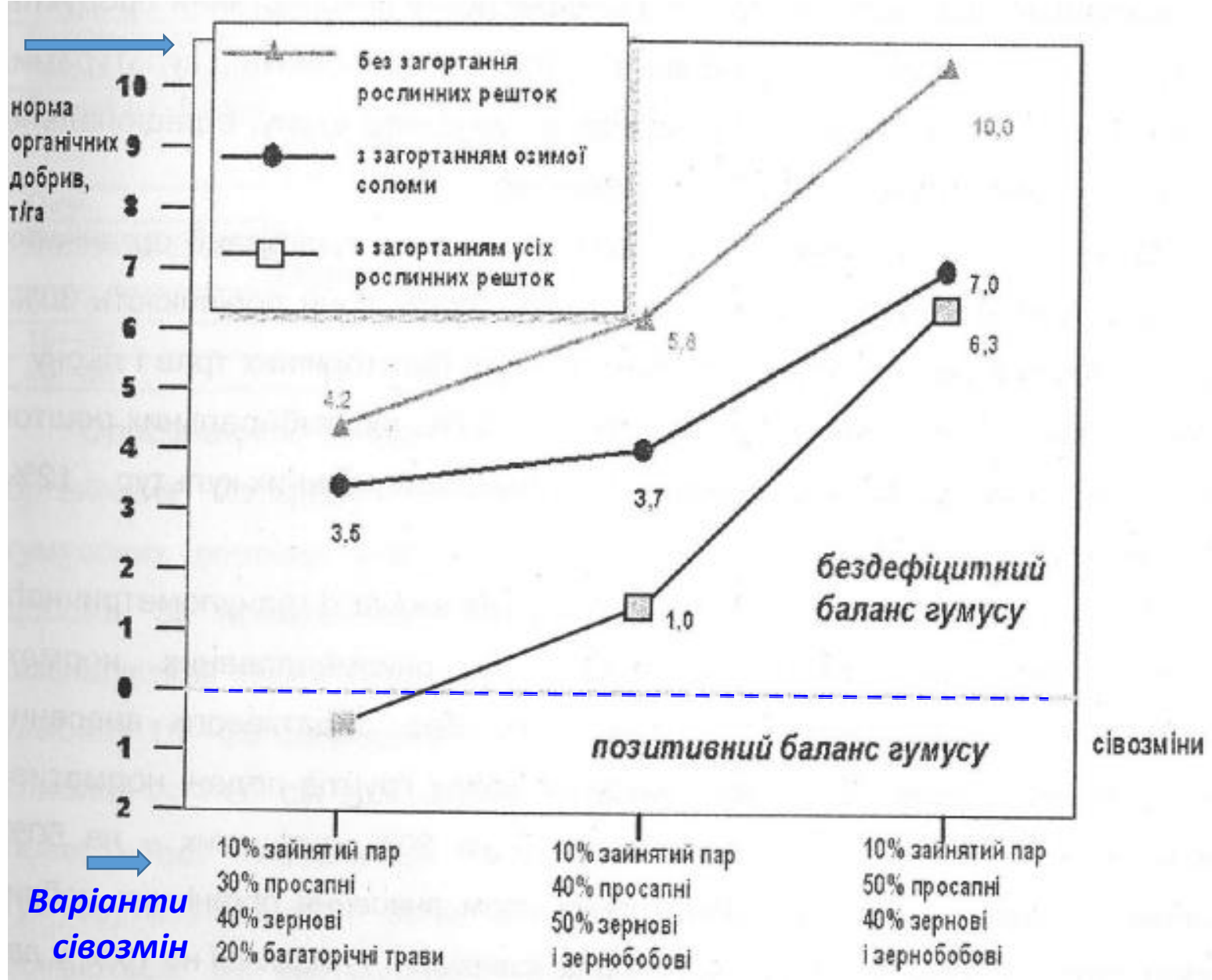
Джерело: Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів (рекомендації), 2012
<https://profbook.com.ua/zastosuvannya-solomi-i-pozhnivnikh-reshtok.html>

**Варіанти загортання
рослинних решток**

**Норма органічних
добрив (т/га) для
відтворення родючості
ґрунту**

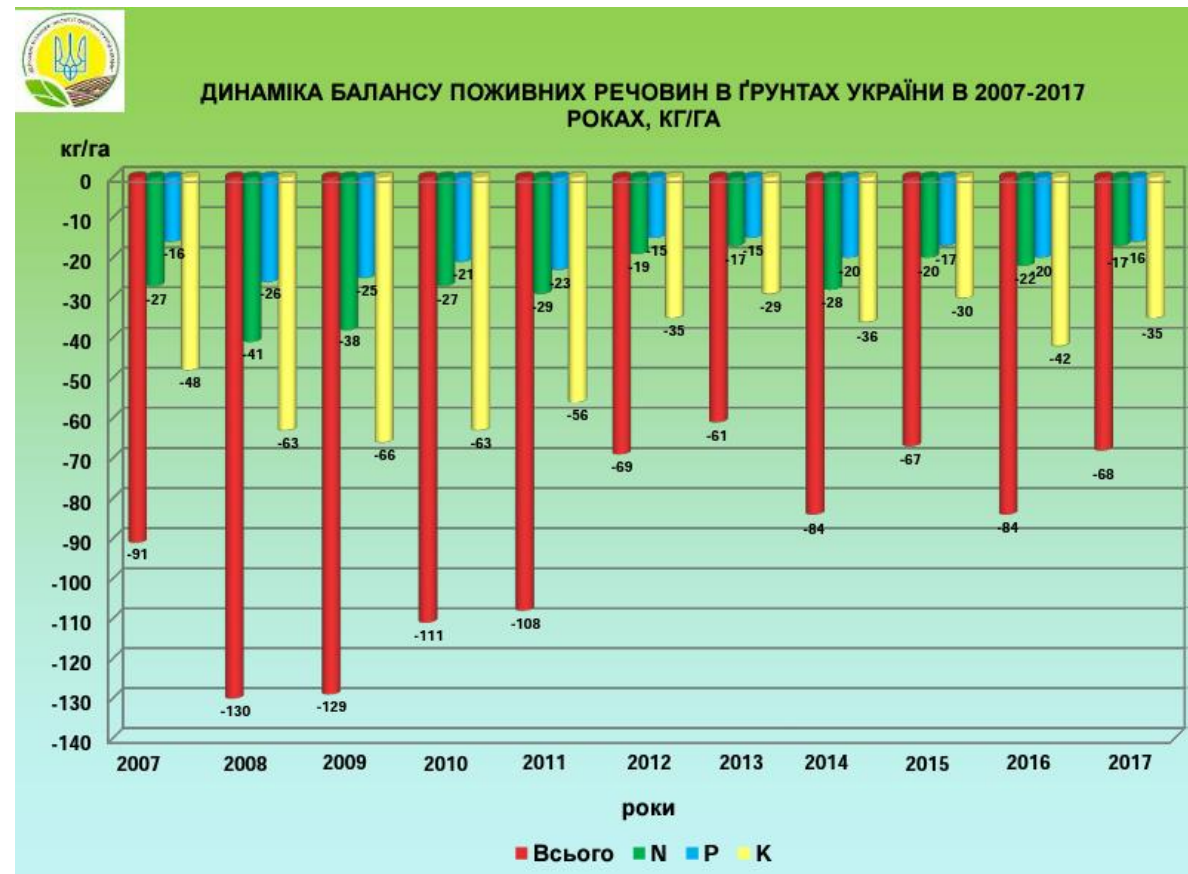
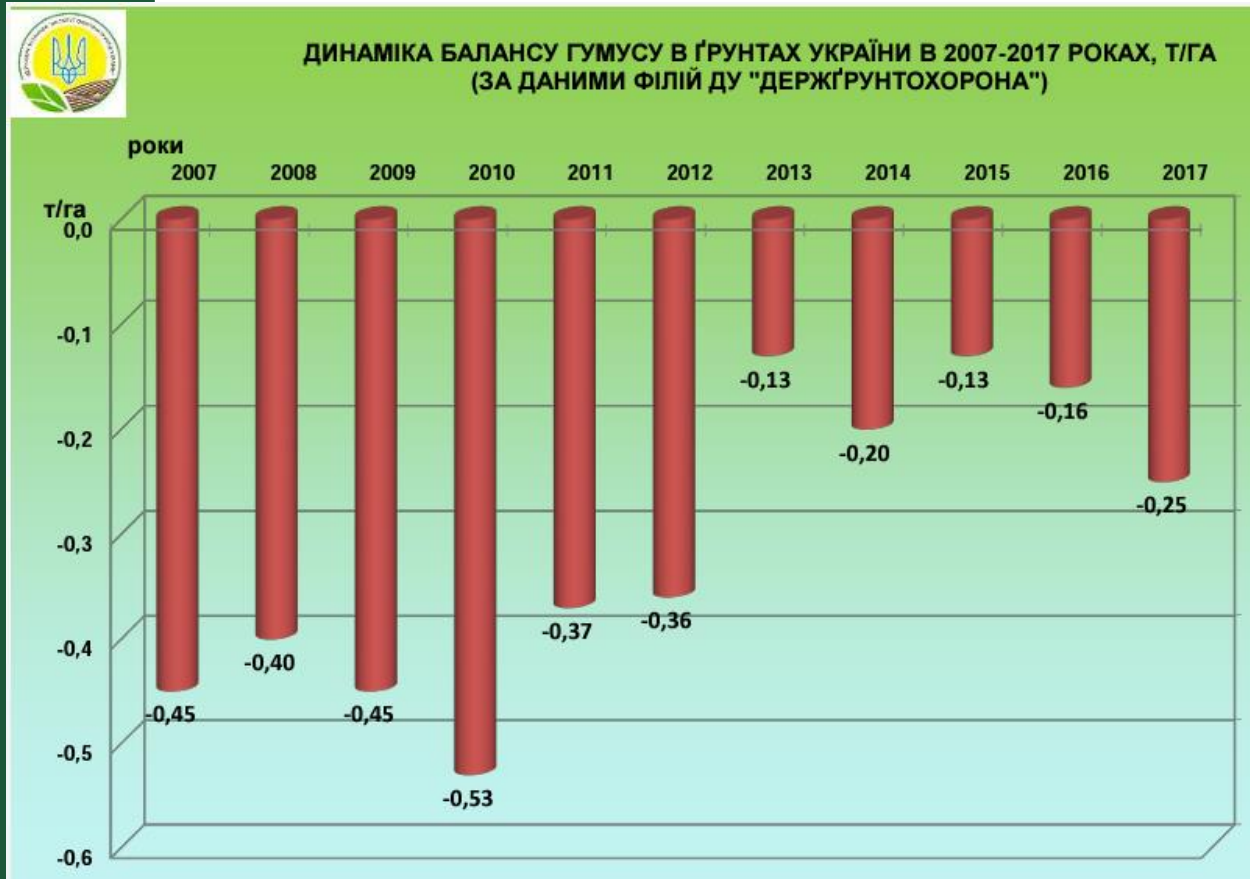


**Просапні культури (цукровий буряк,
кукурудза, соняшник, гречка та ін.)
для нормального розвитку і росту
потребують більшої площі живлення
та міжрядного обробітку ґрунту.**



Джерело: Застосування соломи і поживних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів (рекомендації), 2012 (Мінагрополітики та НААН України)
<https://profbook.com.ua/zastosuvannya-solomi-i-pozhnivnikh-reshtok.html>

Баланс гумусу і поживних речовин в ґрунтах України



Джерело: «Стан родючості ґрунтів України» <https://saf.org.ua/news/94/>

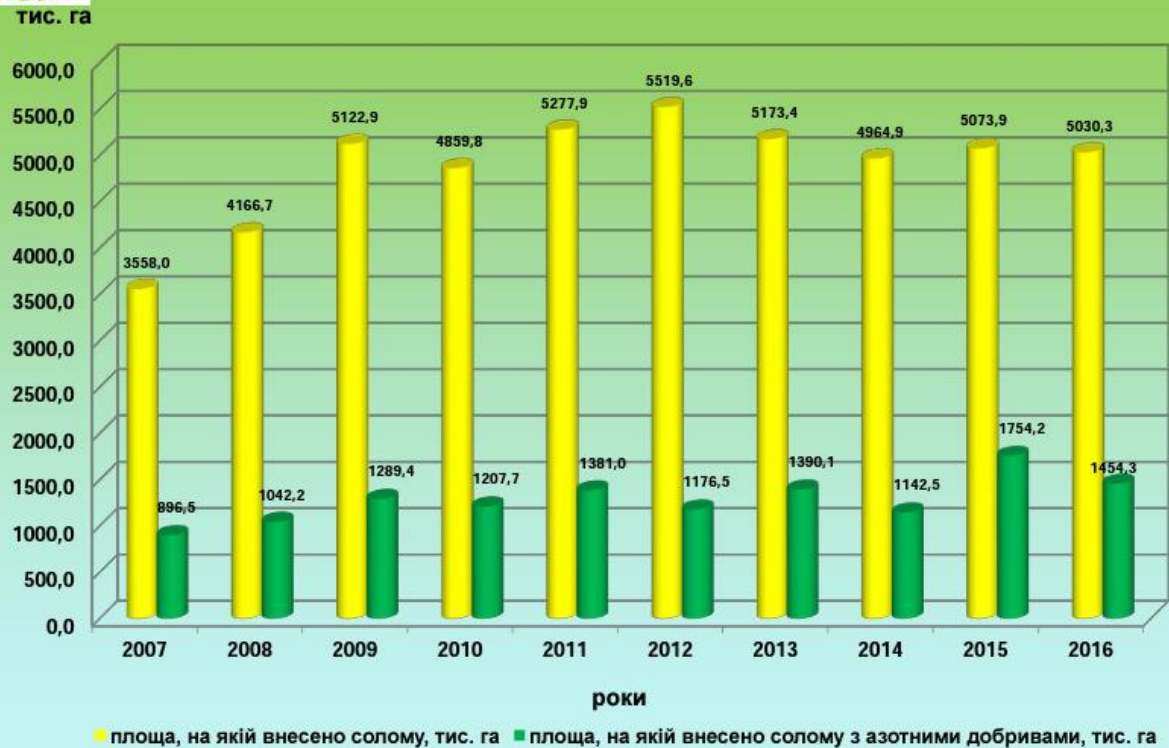
Баланс гумусу – це різниця між кількістю його утворення у ґрунті і втрат за певний період.

Баланс основних елементів живлення – різниця між загальним винесенням поживних елементів із ґрунту і їх кількістю, що повертається в ґрунт.

Динаміка внесення соломи як добрива. Винос і повернення поживних речовин



ДИНАМІКА ВНЕСЕННЯ СОЛОМИ В 2007-2017 РОКАХ, ТИС. ГА
(ЗА ДАНИМИ ФІЛІЙ ДУ "ДЕРЖГРУНТОХОРОНА")



Винос основних поживних речовин
пшеницею озимою, кг/га



Рівень урожайності, ц/га	основною продукцією			побічною продукцією			основною+побічною продукцією			
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	
1.0	1.86	0.70	0.44	0.45	0.14	0.93	3.00	1.00	2.40	
2016	54.1	100.63	37.87	23.80 162	24.35	7.57	50.31	162.3	54.1	129.84 346

ΣNPK

ΣNPK

Повернення у ґрунт з 1 т соломи з урахуванням поживно-коренових залишків: N 8,5 кг, P 3,8 кг, K 13 кг

Джерела: «Стан родючості ґрунтів України» <https://saf.org.ua/news/94/>; Застосування соломи і поживних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів (рекомендації), 2012 <https://profbook.com.ua/zastosuvannya-solomi-i-pozhnivnikh-reshtok.html>

Особливості удобрення соломою

- Солома є **найдешевшим** джерелом поповнення ґрунту органічними речовинами.
- Удобрення соломою – **непростий агрозахід**. Солому необхідно подрібнити, рівномірно розподілити по поверхні поля і заорати в ґрунт. При неналежному внесенні соломи виникають **небажані** явища, такі як забивання робочих органів ґрунтообробних і посівних машин, незаробка або нерівномірна глибина заробки насіння в ґрунт, недостатній контакт насіння з ґрунтом, збільшення кількості збудників хвороб і шкідників, зменшення ефективності дії гербіцидів.
- Солома має якнайшвидше **розкладатися**. Солома швидше розкладається при хорошому доступі повітря в ґрунт (в аеробних умовах). На нейтральних ґрунтах, добре забезпечених поживними елементами, солома розкладається протягом 3-4 років, на кислих важких – 4-5 років.
- Глибоке заорювання соломи викликає **несприятливий** ефект, тому що при розкладанні її в нижніх шарах орного горизонту утворюються летючі жирні кислоти, які негативно впливають на кореневу систему рослин. При внесенні у **верхню третину** орного шару солома розкладається швидше і накопичення шкідливих речовин не спостерігається.
- Через **бідність** соломи азотом (**C:N=60-100***) вона забирає 40-50 кг/га ґрунтового азоту на власну мінералізацію доки не буде досягнуто співвідношення **C:N=20**. Тому в перший період свого росту і розвитку рослини відчують нестачу азоту, якщо в ґрунт разом із соломою не вносять азот мінеральних добрив. Необхідно додавати **10-12 кг азоту** на 1 т соломи.
- Крім широкого співвідношення C:N, інгібіторна дія пов'язана із **присутністю** в соломі розчинних форм органічних сполук. Водна витяжка зі свіжої соломи гальмує розвиток рослин. Фітотоксичний ефект продуктів розкладу проявляється в затримці росту коріння, порушенні обміну речовин а також виникненню хвороби рослин – хлорозу**. Внесення високих доз азоту зводять до мінімуму депресивний вплив витяжки із соломи.

* Для порівняння: у гної C:N=20-25, у ґрунті C:N=8-12.

** Хлороз – хвороба рослин, при якій порушується утворення хлорофілу у листі й знижується активність фотосинтезу.

Сільськогосподарські залишки: відходи чи побічна продукція?

Класифікація видів агробіомаси



Сільськогосподарські залишки:

- ❖ **Первинні (утворені в полі в процесі збирання врожаю): солома, стебла/стрижні кукурудзи, стебла/кошики соняшника...**
- ❖ **Вторинні (утворені на підприємстві при переробці врожаю): лущиння соняшника, лущпайка рису, гречки...**
- ❖ **Гній тварин.**



Енергетичні рослини:

- ❖ **По типу:** деревоподібні (верба, тополя), трав'янисті (міскантус, свічграс).
- ❖ **По «вмісту»:** олійні (рижій), крохмале-/цукровмісні (сорго), лігноцелюлозні (верба, тополя).

В ЄС до агробіомаси відносять також біомасу від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень



С/г залишки у чинних нормативно-правових документах України

ДОКУМЕНТ	ВИД С/Г ЗАЛИШКІВ	КАТЕГОРІЯ ВІДНЕСЕННЯ
<p>Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 р. (Розпорядження КМУ № 820-р від 08.11.2017) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text</p>	<i>Солома</i>	<u>С/г відходи рослинного походження</u>
<p>Державний класифікатор відходів ДК 005-96 (Наказ Держстандарту України № 89 від 29.02.1996, із змінами) https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text</p>	<i>Солома колосових/інша, качани кукурудзи обрушені, стебла кукурудзи сухі; лушпиння соняшникове</i>	<u>Відходи виробництва продукції с/г</u>
<p>Добрива органічні та органо-мінеральні. Терміни та визначення понять. ДСТУ 4884:2007 http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26029 (платний доступ)</p>	<i>Солома, післяжнивні залишки (стебла, стерня, коріння та ін.)</i>	<u>Відходи</u>
<p>Номенклатура продукції сільського господарства (Наказ Держстату України № 366 від 30.12.2020) https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0366832-20#Text</p>	<i>Солома та полова культур зернових</i>	<u>Продукція рослинництва</u>
<p>Застосування соломи і пожнивних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів (рекомендації), 2012 (Мінагрополітики та НААН України) https://profbook.com.ua/zastosuvannya-solomi-i-pozhnivnikh-reshtok.html (платний доступ)</p>	<i>Солома (стебла/листки культури), полова Стерня, корені</i>	<u>Побічна продукція рослинництва</u> <u>Післяжнивні рештки</u>
<p>Методичні рекомендації з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) с/г підприємств (Наказ Мінагрополітики № 132 від 18.05.2001) https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0132555-01#Text</p>	<i>Солома, стебла кукурудзи і соняшнику та ін.)</i>	<u>Побічна продукція рослинництва</u>
<p>Методичні рекомендації з бухгалтерського обліку біологічних активів (Наказ Мінфіну № 1315 від 29.12.2006) https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1315201-06#Text</p>	<i>Солома</i>	<u>Побічна с/г продукція</u>

Закон України «Про управління відходами» (2320-ІХ від 20.06.2022)

Відходи - будь-які речовини, матеріали і предмети, яких їх власник позбувається, має намір або повинен **позбутися** Речовини, предмети, що утворюються при виробництві основної продукції і не є метою даного виробництва, але **придатні як сировина** в іншому виробництві чи для використання як готова продукція, розглядаються як **побічні продукти**, а не відходи, у разі дотримання сукупності таких **умов**:

- 1) **визначено** подальше використання речовини або предмета;
- 2) речовина, предмет можуть бути використані в тому вигляді, в якому вони утворилися, **без** подальшого оброблення, крім нормальної виробничої практики, передбаченої галузевими стандартами;
- 3) речовина, предмет утворюються як **невід’ємна** складова виробничого процесу;
- 4) речовина, предмет **відповідають** всім встановленим вимогам до продукції, а також вимогам щодо захисту здоров’я людей і охорони навколишнього природного середовища, їх використання **не становить** небезпеки для здоров’я людей та навколишнього природного середовища.

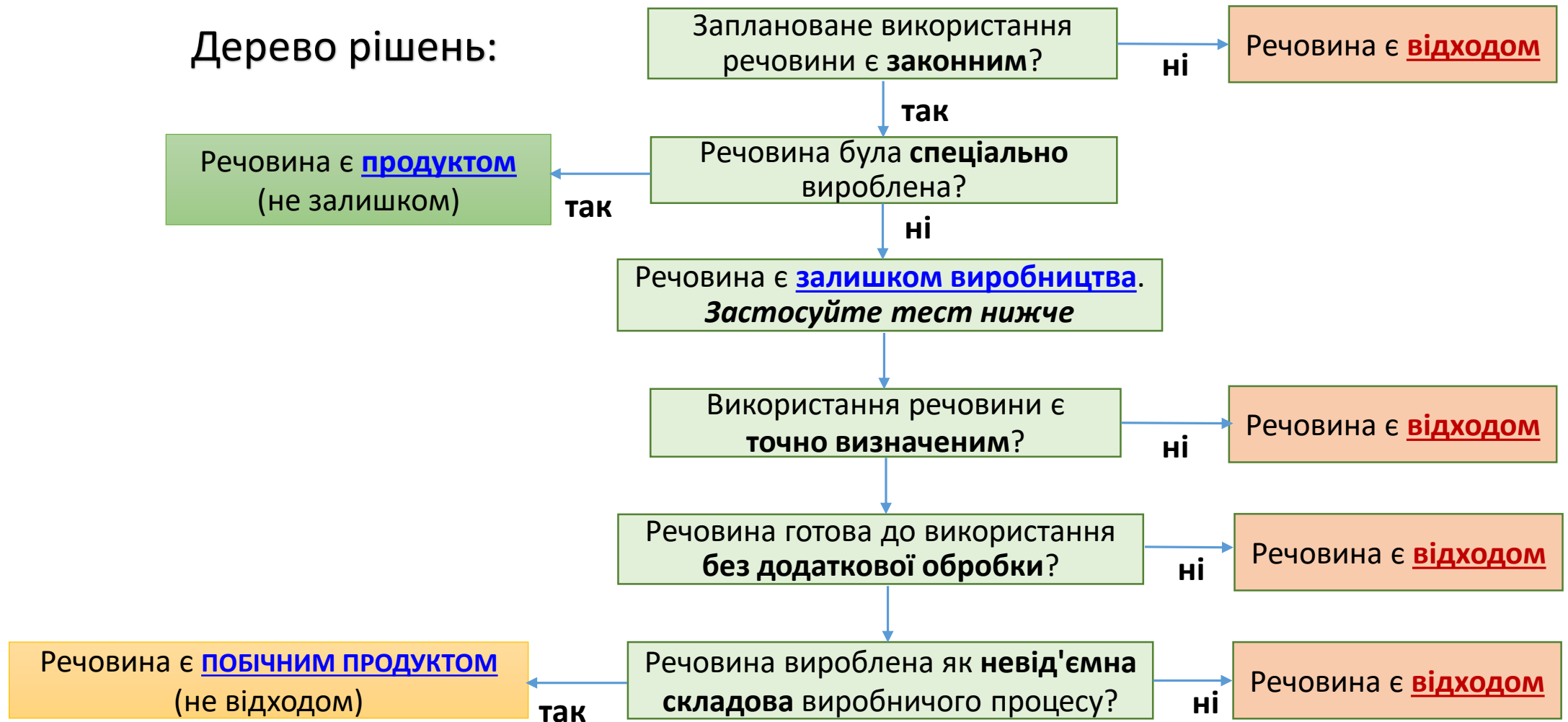
Критерії віднесення речовин або предметів до побічних продуктів та порядок віднесення речовин або предметів до побічних продуктів затверджуються **Кабінетом Міністрів України**.

Постанова КМУ «Деякі питання віднесення речовин або предметів до побічних продуктів» (№1214, 17.11.2023)
Є термін «виробничий залишок». Містить вимогу щодо звітування про віднесення виробничих залишків до побічних продуктів (є форма звіту). (Постанова набирає чинності з дня її опублікування та вводиться в дію **через шість місяців** з дня припинення або скасування дії правового **режиму воєнного стану** в Україні).

Єврокомісія: Інтерпретація термінів відходи та побічні продукти

Залишки виробництва – речовина, не вироблена спеціально у виробничому процесі, яка може бути або не бути відходом. **ПОБІЧНІ ПРОДУКТИ (ПП)** – залишки, які не є відходами

Дерево рішень:



Пріоритетні напрямки розвитку біоенергетики в рамках Європейського зеленого курсу

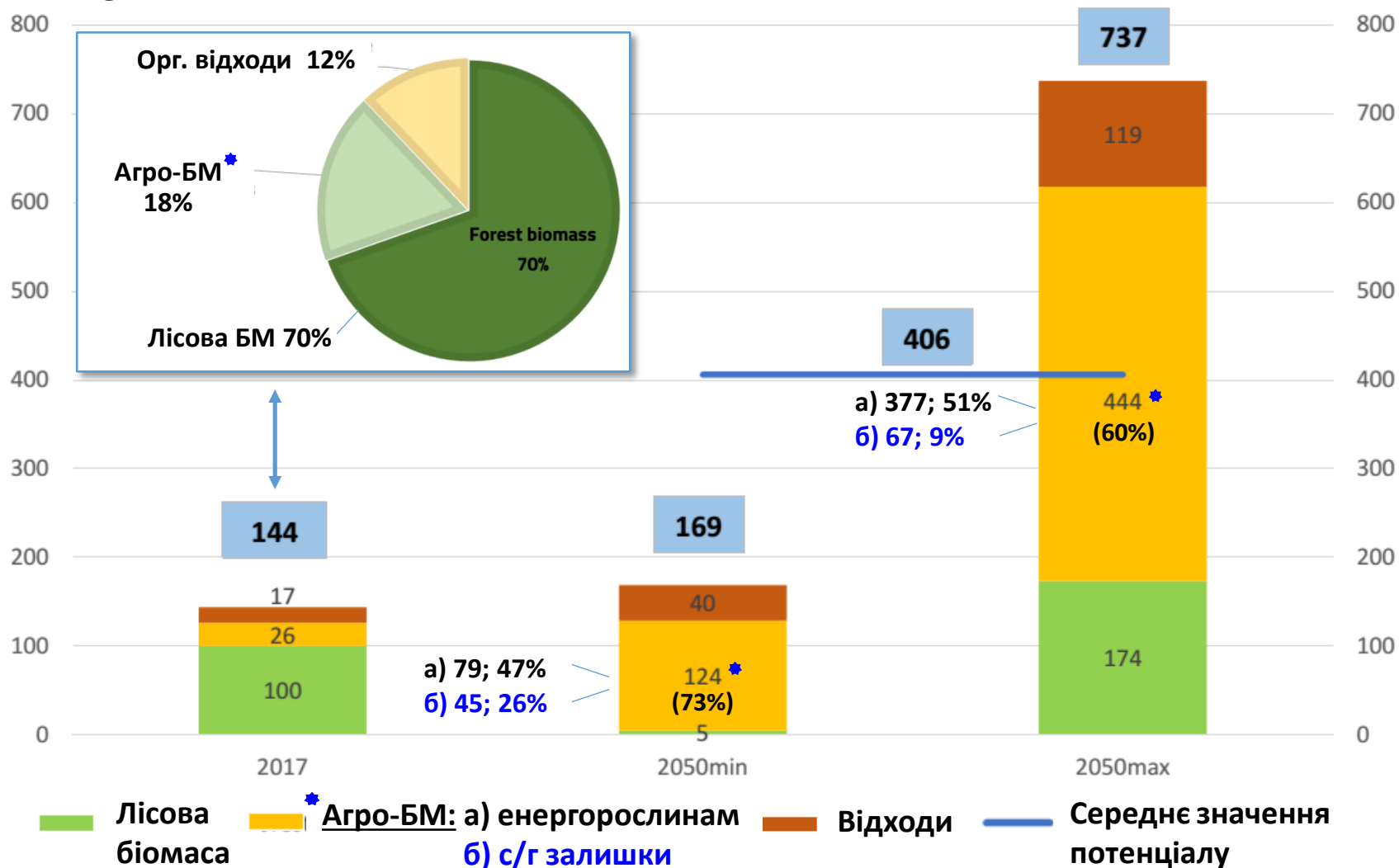


- **Європейський зелений курс** – комплексна стратегія переходу до сталої економіки, чистої енергетики і кліматичної нейтральності Європи до 2050 року. Презентований 11.12.2019.
- Положення стосовно **біомаси** у затверджених стратегіях – Чиста енергія, Інтеграція енергетичної системи (07.2020); Стратегія по зменшенню викидів метану (10.2020):
 - *Стимулювання використання сільськогосподарських залишків для сталого виробництва біогазу і біопалив.*
 - *Мобілізація потенціалу сталої біомаси і біопалив для використання в секторах економіки, що важко піддаються декарбонізації.*
 - *Цільова підтримка прискореного розвитку сектору біогазу з використанням сталої сировини, у т.ч. впровадження пілотних проєктів в сільських регіонах.*



Споживання біомаси для енергетичних потреб в ЄС і потенціал до 2050 р.

млн. т н.е.



Джерело: Biomass supply. Statistical Report by Bioenergy Europe, 2019 <https://bioenergyeurope.org/statistical-report-2019/>; Andre Faaij (2018) <https://bioenergyeurope.org/wp-content/uploads/2018/11/Bioenergy-Europe-EU-Biomass-Resources-Andr%C3%A9-Faaij-Final.pdf>

Дослідження європейських, американських і українських фахівців

Збір рослинних залишків – порівняння частки по замовчуванню і оптимальної

Частка збору рослинних залишків:

- по замовчуванню прийнято з аналізу існуючих літ. даних:

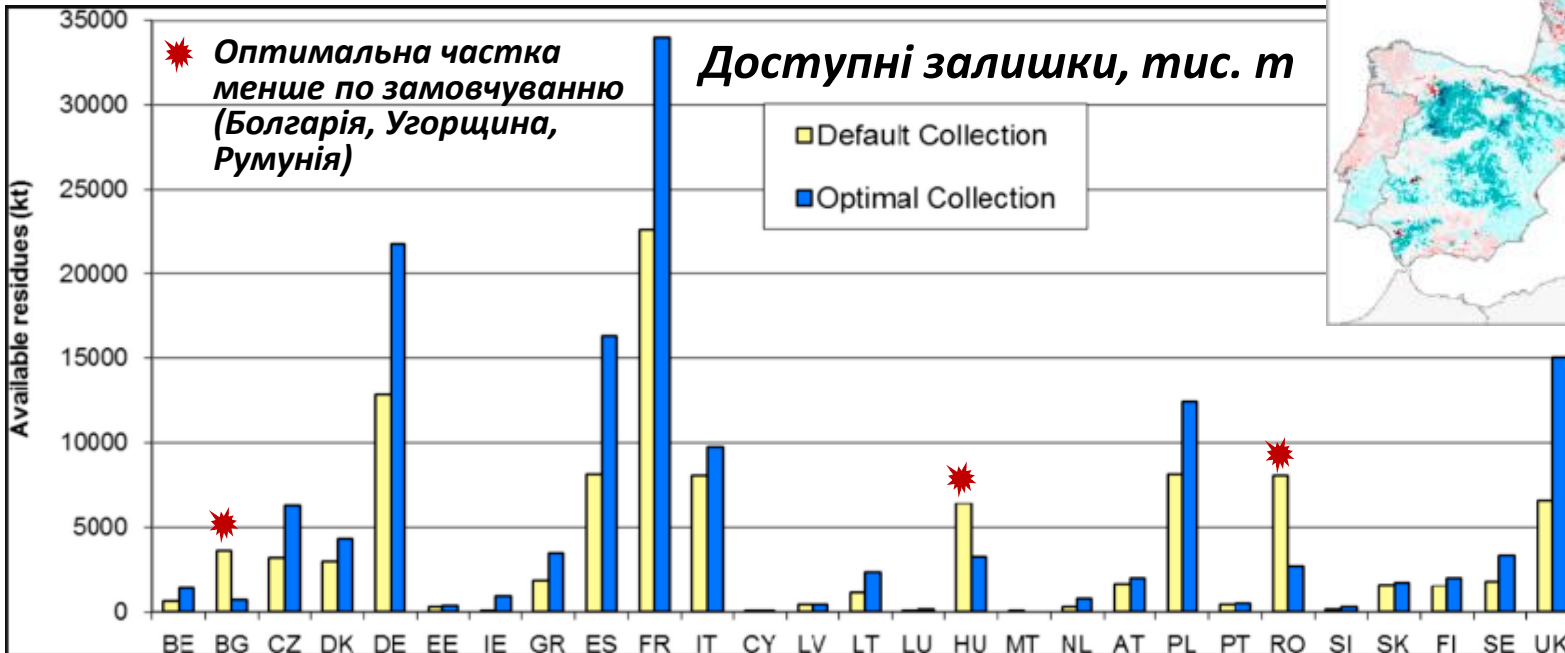
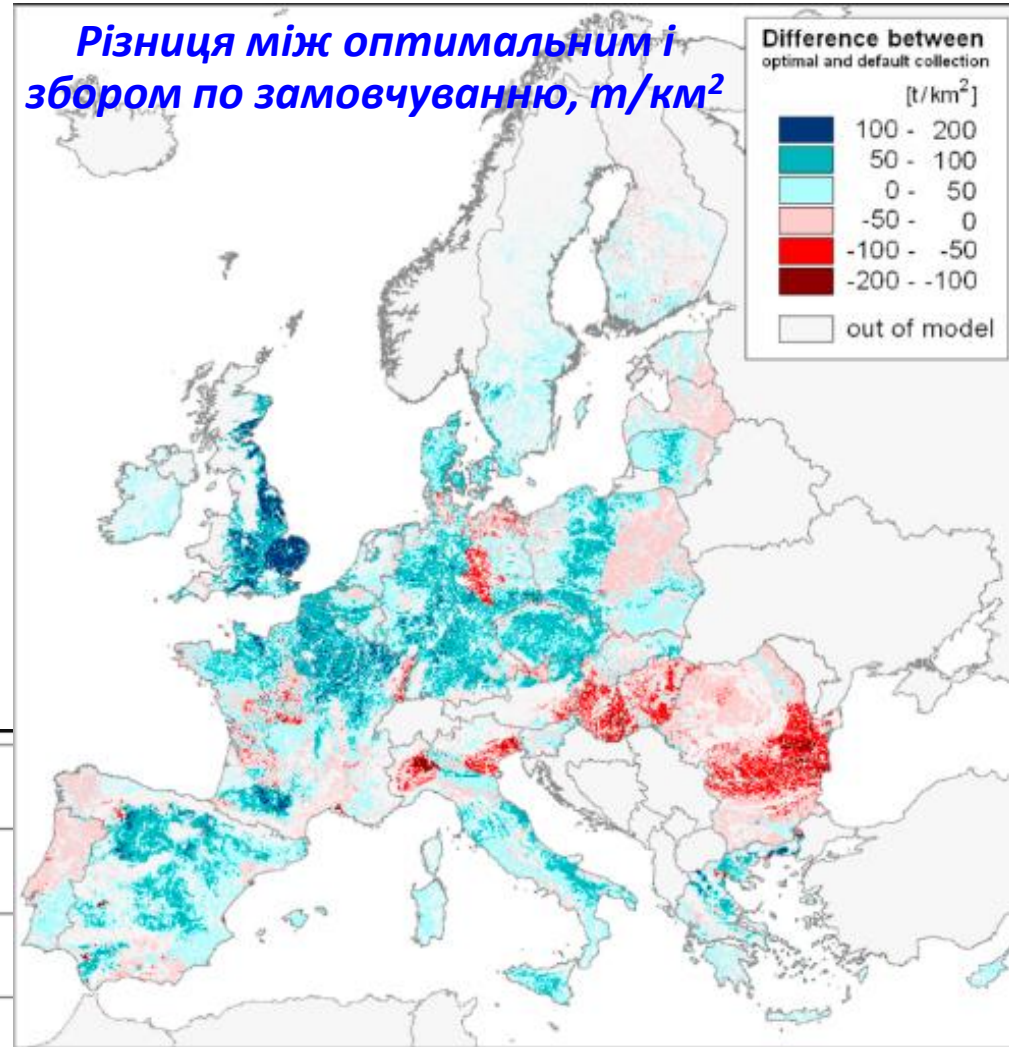
пшениця, ячмінь, овес, жито – **40%**;

кукурудза, ріпак, соняшник – **50%**

- **оптимальна** визначена з урахуванням відсутності негативного впливу на вміст орг. вуглецю ґрунту (SOC) – **моделювання** на період 2013-2020, 2013-2050.

Потенціал рослинних залишків в ЄС-27: оптимальна % збору – **146** млн т с.р./рік, частка по замовчуванню – **102** млн т с.р./рік

Різниця між оптимальним і збором по замовчуванню, т/км²



Дослідження Спільного дослідницького центру Єврокомісії (JRC) та Інституту екології і сталості (Італія). Optimal energy use of agricultural crop residues preserving soil organic carbon stocks in Europe <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114010855>

Дослідження Об'єднаного дослідницького центру Єврокомісії (JRC)

Виробництво с/г культур

- основні культури: пшениця, ячмінь, овес, жито, кукурудза, ріпак, рис та соняшник
- багаторічні цикли виробництва культур у великому географічному масштабі
- просторове розподілення культур: просторове розділення - 1 км



Теоретичний потенціал післяжнивних залишків (утворення залишків)

- співвідношення обсягу залишок/зерна в залежності від врожайності
- середні значення за багаторічний період



**Види потенціалу
післяжнивних залишків**



Технічний потенціал

- обмеження обсягів збору можливостями обладнання
- технічні втрати при збиранні



Екологічний потенціал

- модель агро-екосистеми (Century Model)
- **частки видалення залишок з урахуванням сталості**



Сталий потенціал

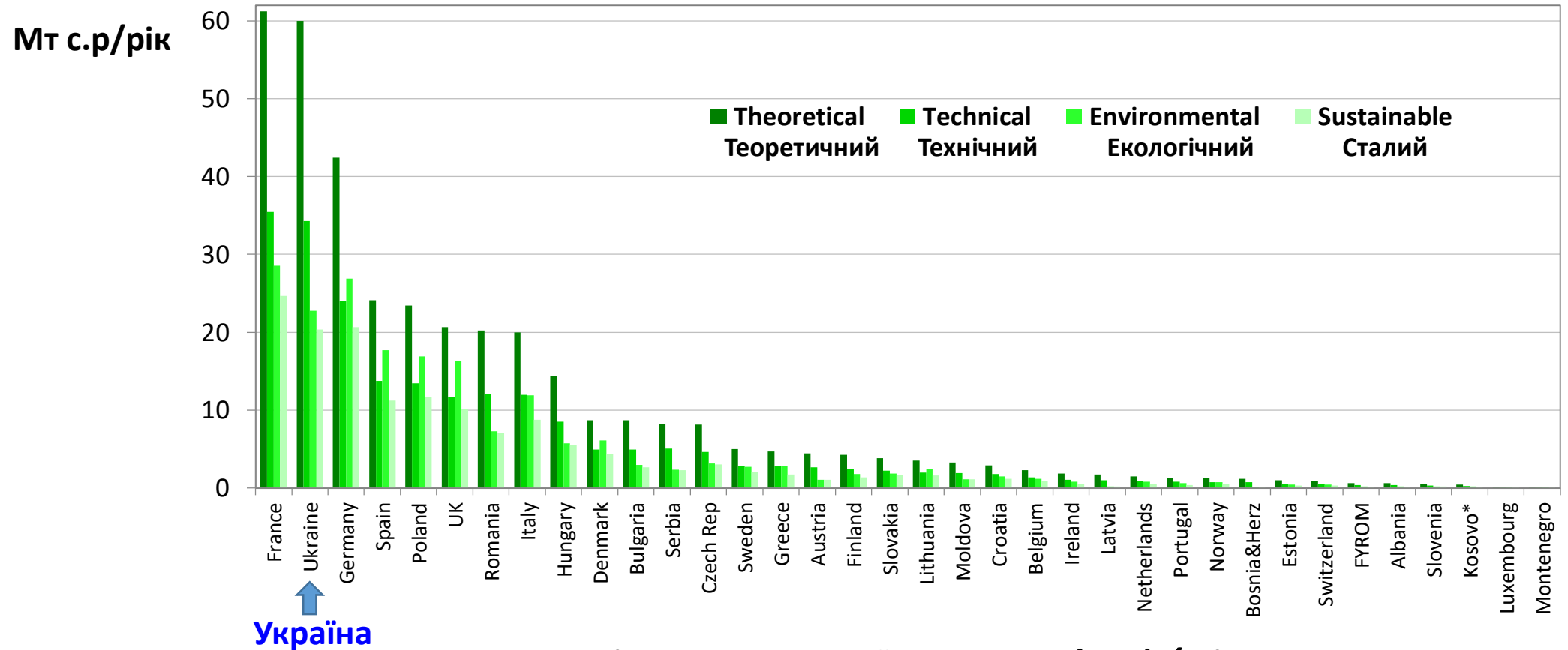
- фактично зібрані залишки
- **враховуються технічні, екологічні (вплив на ґрунт) обмеження збору та видалення залишків**

**Оцінено потенціал післяжнивних залишків.
Досліджено вплив видалення з поля
післяжнивних залишків на вміст органічного
вуглецю у ґрунті:**

- **Досліджені частки видалення: 0%, 50%, 100%**
- **Моделювання вмісту орг. вуглецю ґрунту: 2015-2030**

Джерело: Ніколя Скарлат та ін. Просторово-деталізована оцінка сталого потенціалу поживних залишок в Європі. Міжнародний семінар «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення» (27.09.2018, Київ) <https://saf.org.ua/news/94/>

JRC: Оцінка потенціалу післяжнивних залишків в Європі (2)

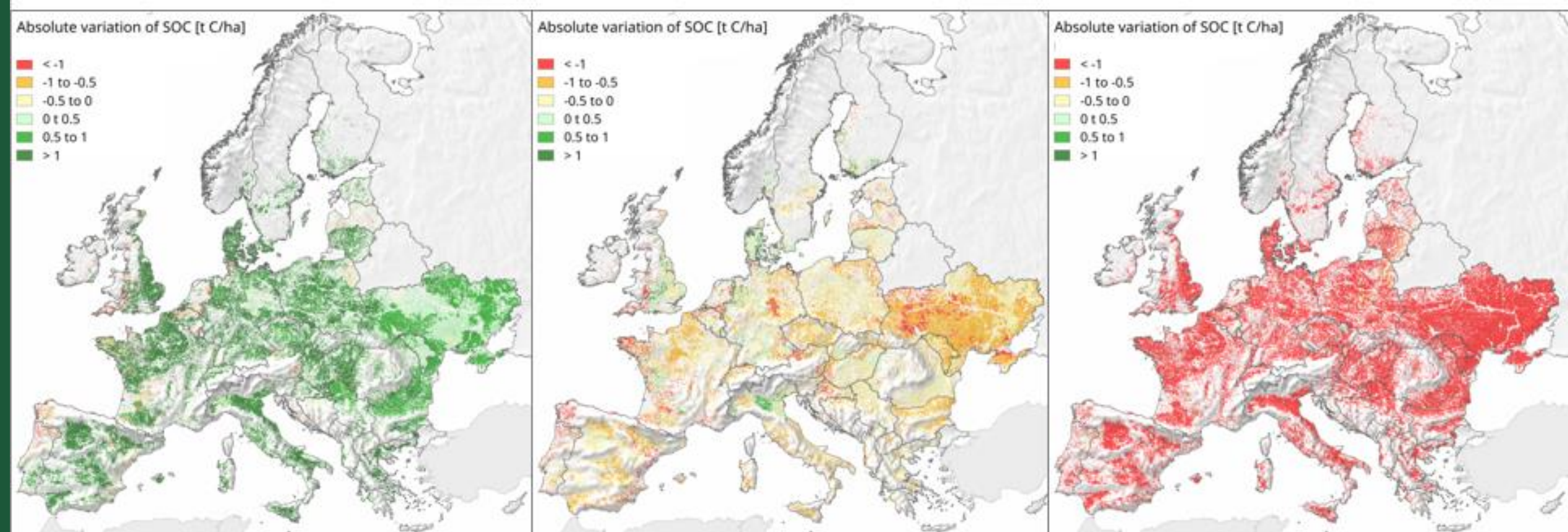


Реґіон	Теоретичний	Технічний	Екологічний	Сталий	Відношення екологічний/теоретичний	Відношення сталий/теоретичний
ЄС	291	168	162	124	56%	43%
Європа	368	212	190	149	52%	40,5%

Джерело: Презентація Ніколя Скарлат та ін. <https://saf.org.ua/news/94/>

JRC: Абсолютна зміна запасу органічного вуглецю ґрунту у середньо-тривалий період (2015-2030 рр.)

т органічного вуглецю ґрунту (SOC)/га



20

без збирання післяжнивних
залишків

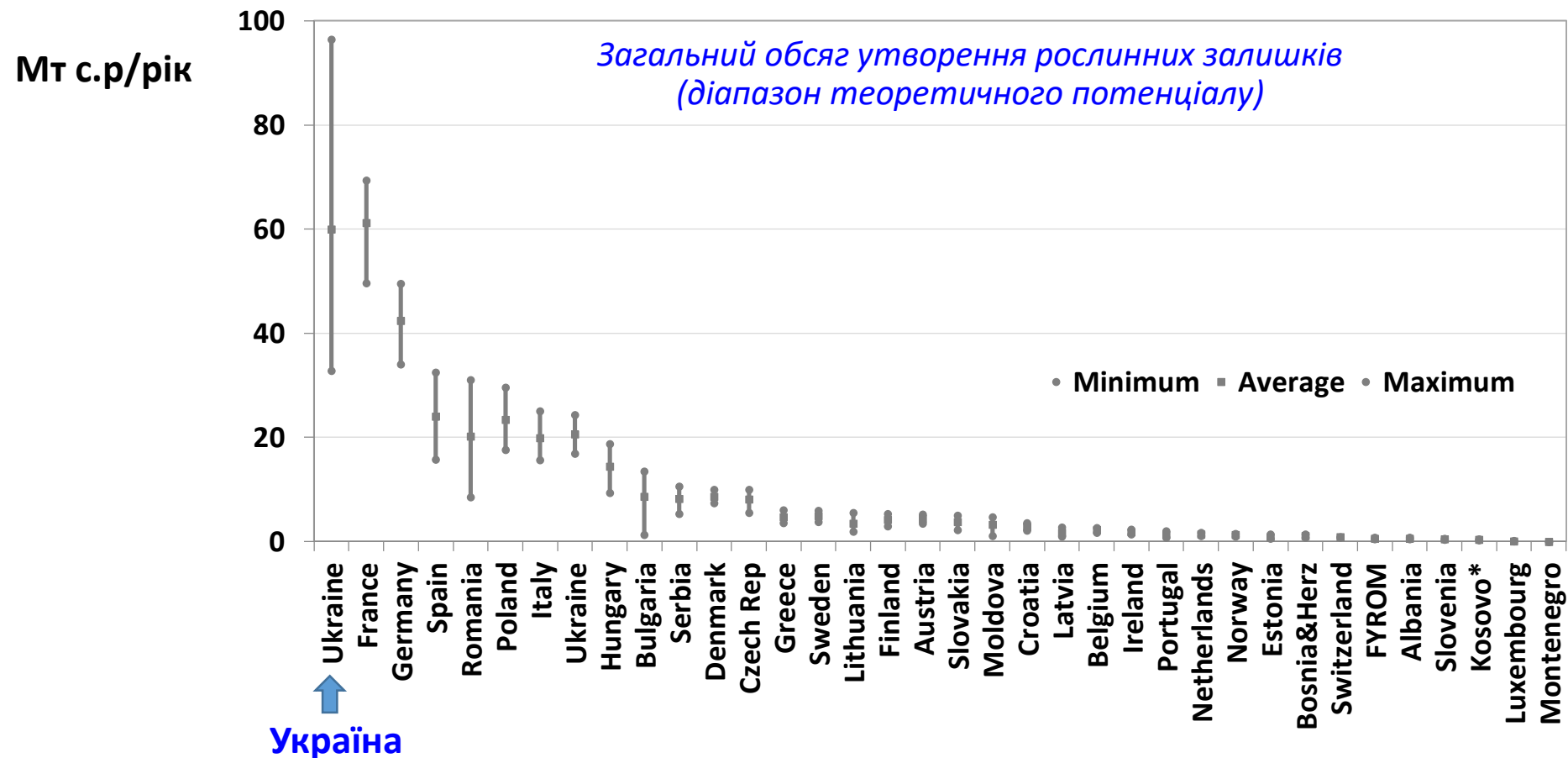
збір 50%

збір 100%

Джерело: Презентація Ніколя Скарлат та ін. <https://saf.org.ua/news/94/>

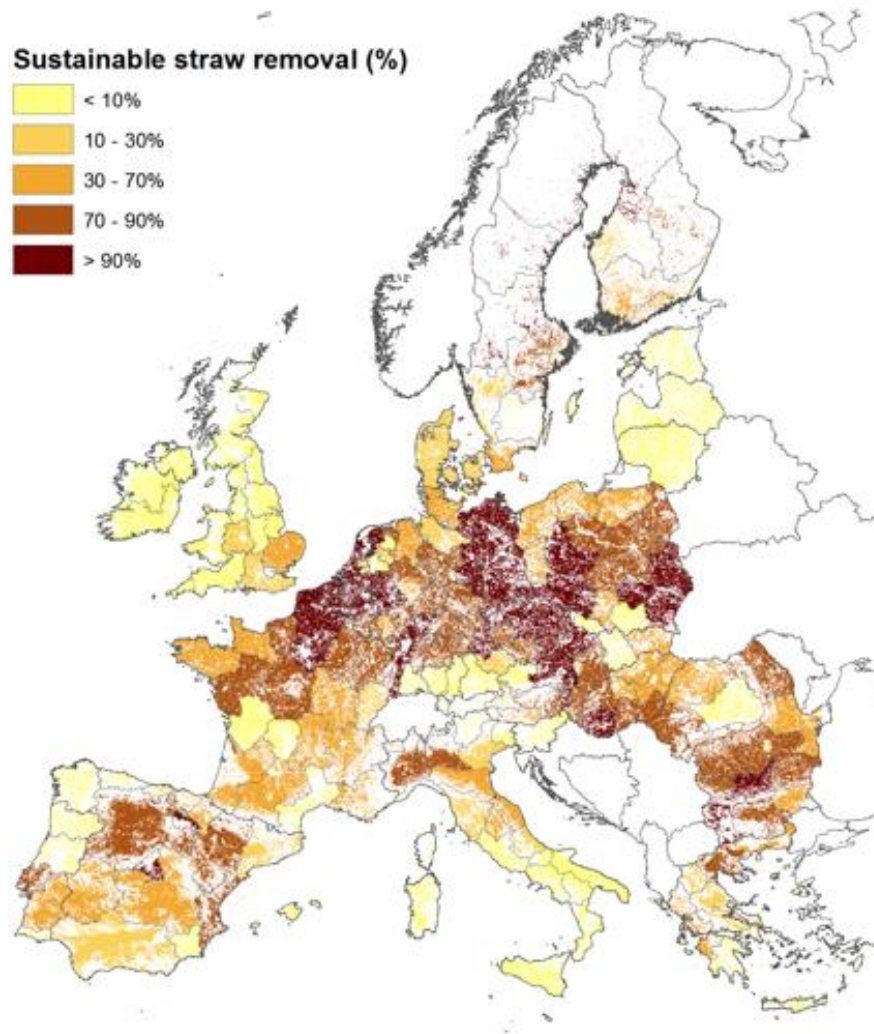
Дослідження JRC: Висновки та рекомендації

- ❖ Видалення на засадах **сталості**: місцеві умови є критичним фактором для визначення можливої частки
- ❖ Врахування конкурентних напрямків використання
- ❖ Врахування **річних коливань** обсягу залишків
- ❖ Засоби **компенсації** для підтримки родючості ґрунту



Джерело: Презентація Ніколя Скарлат та ін. <https://saf.org.ua/news/94/>

Рівень сталого збору соломи, %



Дослідження Вагенінгенського університету та дослідного центру (WUR), Нідерланди

Мета: оцінити скільки післязливних решток можна забирати, не зменшивши запасів вуглецю ґрунту для країн ЄС-27

Підхід: модель органічного вуглецю ґрунту RothC в поєднанні з моделлю оцінки впливу на навколишнє середовище MITERRA-Europe.

Результати:

Сталий рівень збору коливається від **0 до 100%**, залежно від врожайності культури, ґрунтових та кліматичних умов

Норми сталого збору аграрних залишків повинні визначатися **індивідуально** для кожного регіону та агро-господарства

Для уникнення негативного впливу на якість ґрунту існують різні **стратегії**.

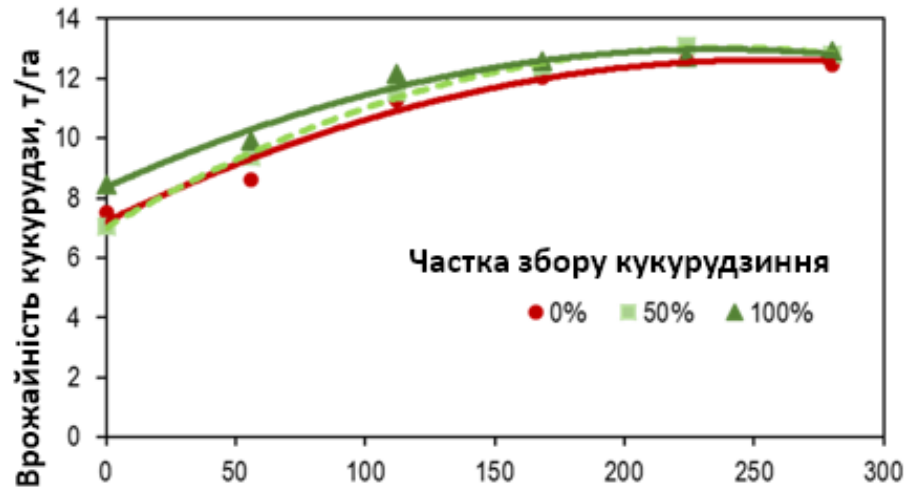
Дослідження Вагенінгенського університету та дослідного центру (WUR), Нідерланди (2)

Стратегії для підтримки якості ґрунту

- ❖ Посадка **no-till** - без оранки
- ❖ Збір соломи тільки **1** раз кожні **2-3** роки
- ❖ Посадка культур на зелене добриво після збору врожаю
- ❖ Збільшення врожайності культур
- ❖ Використання стебел, листя для ґрунту (2/3 поживних речовин лишається у полі + 1/3 органічної речовини)
- ❖ Застосування інших **органічних добрив**: дигестат, гною, тощо.
- ❖ Краще забирати **стебла кукурудзи** ніж солону пшениці
- ❖ Повертати на поле **золу** від спалювання соломи
- ❖ Вимагати **збалансованого** внесення добрив від фермерів

Дослідження Університету Вісконсину у Медісоні (США)

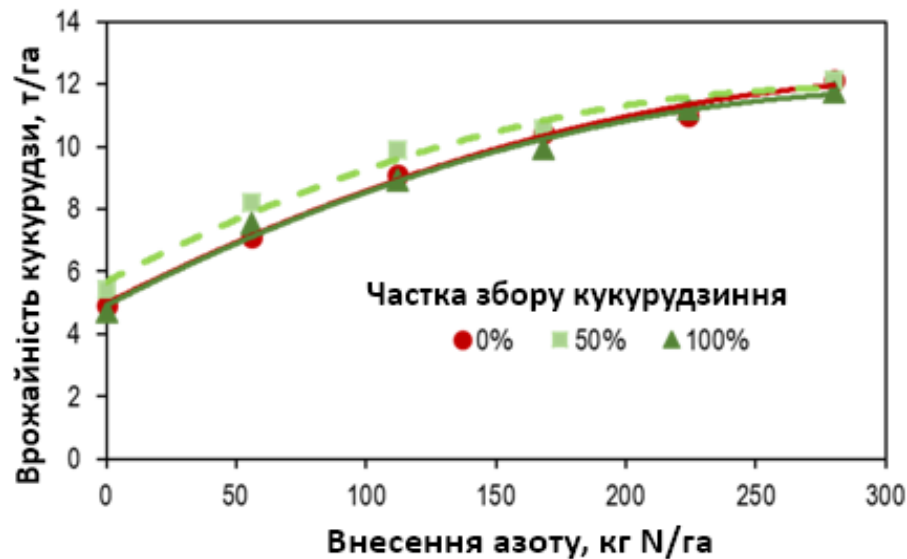
Вплив збору кукурудзиння на врожай зерна кукурудзи – Вісконсін, 2010-2015 рр.



Місцезнаходження: м. Арлінгтон

Ґрунт: Моллісоль

(ґрунт з глибоким горизонтом і високим вмістом органіки)



Місцезнаходження: м. Ланкастер

Ґрунт: Альфісол

(ґрунт, збагачений алюмінієм і залізом)



Дослідження Університету Пердью (США)

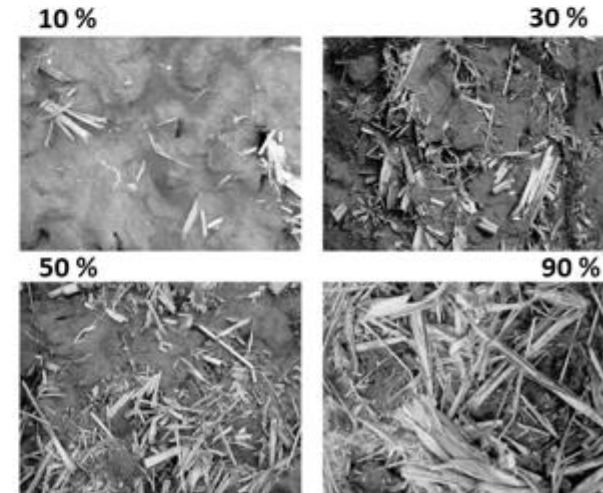
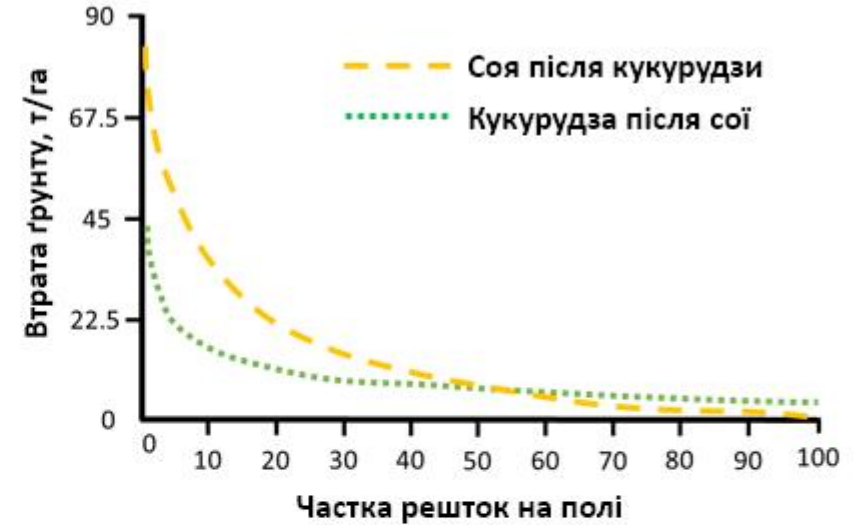
Вплив обсягу післяжнивних решток на полі на ерозію



Процес водної ерозії



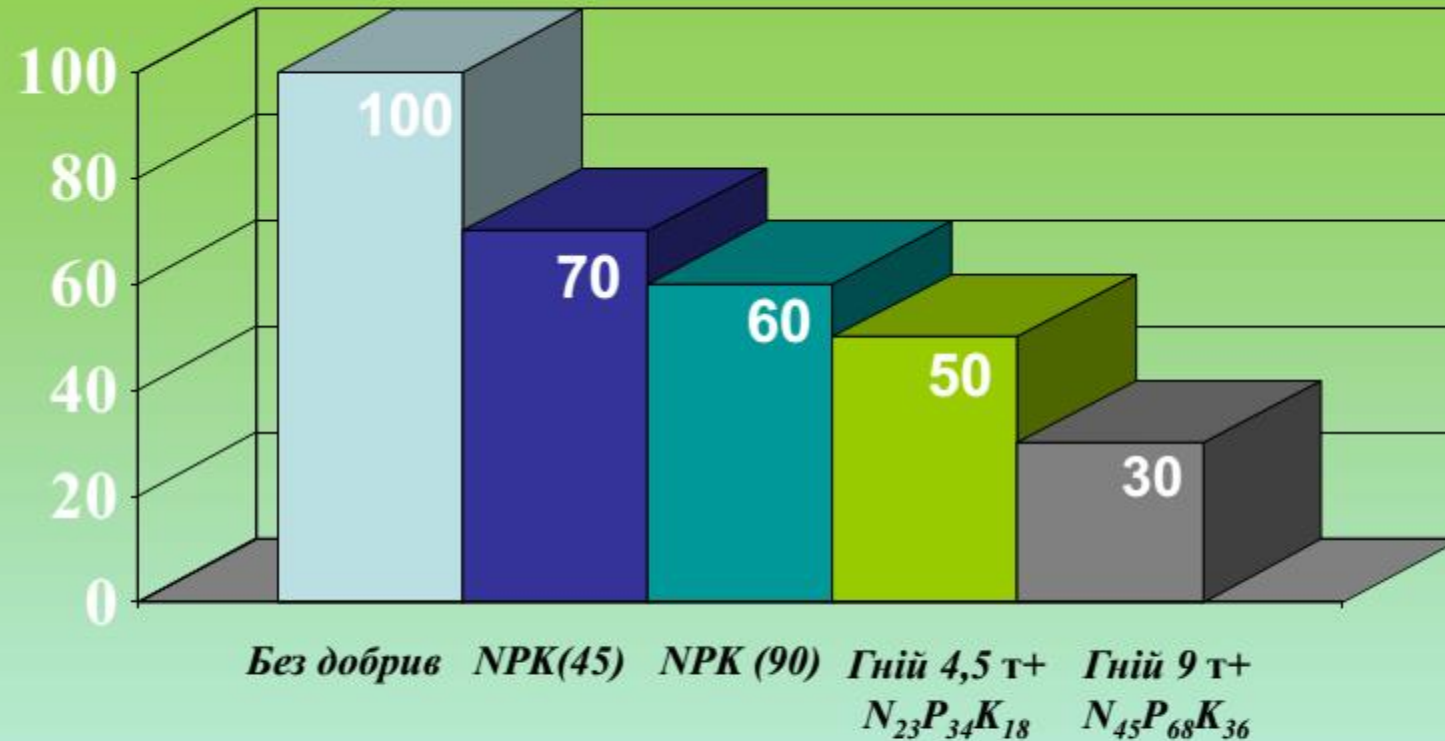
Замалий обсяг решток збільшує ризик ерозії
30% решток на поверхні ґрунту суттєво зменшує ерозію



Підходи українських та зарубіжних експертів до визначення частки рослинних решток, доступних для виробництва енергії

Результати семінару «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення» (27.09.2018, Київ)

- Обсяг можливого відчуження нетоварної частини врожаю с/г культур на пряму залежить від рівня внесення **добрив** на га посівної площі. При внесенні мінеральних добрив з нормою NPK(45) можна **забирати** з полів до **30%** нетоварної частини врожаю культур, при NPK(90) – до **40%**, а при внесенні 9 т гною на гектар та $N_{45}P_{68}K_{36}$ – до **70%**. Без внесення добрив всі рослинні рештки треба залишити на полі
(Юрій Кривда, Директор Черкаської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»)
- Обсяг сталої заготовівлі соломи та ін. рослинних відходів для потреб енергетики може складати від **0%** до **100%** в залежності від врожайності культури, місцевих ґрунтових та кліматичних умов. Краще відчужувати з поля **кукурудзиння**, ніж солону зернових. Необхідно повертати на поля **золу** від спалювання рослинних решток, а також вносити **органічні добрива**, такі як зброджений субстрат з біогазових установок, гній та ін.
(Ян Петер Лешен, Вагенінгенський університет та дослідний центр (WUR), Нідерланди)
- Моделювання абсолютної зміни органічного вуглецю ґрунту при видаленні різних часток рослинних решток з поля для умов Європи протягом 2015-2030 рр. показало, що максимальний відсоток відчуження рослинних решток має складати менше **50%**.
(Ніколя Скарлат, Об'єднаний дослідницький центр (JRC), Європейська комісія)



**Мінімальна кількість нетоварної частини
врожаю культур, яку необхідно залишити на полі
для збереження запасів гумусу, %**

Джерело: Юрій Кривда (Директор Черкаської філії Державної установи «Інститут охорони ґрунтів»). «Стан родючості ґрунтів України». Міжнародний семінар «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення», 27.09.2018, Київ
<http://www.uabio.org/img/files/Events/pdf/2-yuri-kryvda-workshop-agro-residues-27092018-small.pdf>

Узагальнення підходів до визначення % рослинних відходів с/г, доступних для виробництва енергії

КРАЇНА / РЕГІОН	ВИД ПП/ВІДХОДІВ*	ДОСТУПНА ЧАСТКА ЗАГАЛЬНОГО ОБСЯГУ
Німеччина	солома	30%
Греція	солома	15%
	К, С	60%
Швеція	солома, К	60%
Польща	солома	20%
Естонія	солома	15-65%
Нідерланди	К	10-70%
СВІТ	К	20-60%
	Післяжнивні залишки	40-60% https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab6c2e
ЄВРОСОЮЗ	солома	25%; 30%; 45%; 50%
	К	20%; 25%; 25-40%; 30%; 40-50%; 50%; до 80%
	С	30%; 40-50%; 0...100%
США	солома	30-40%; 40%; 40-50%; 60%
	К	30-40%; 40%; 30-60%; до 100%
		при технології No-Till: 30-70%; 35-70%; 60-70%; 75-80%
УКРАЇНА	солома	20%; 40%; ≥ 50%
	солома	підприємства картопле-зерно-тваринницького напрямку: 38%
	солома	підприємства цукрово-зерно-тваринницького напрямку: 86%
	К	10%; 10-15%; 15%; 10-30%; 20-30%; до 30%; до 100%

* ПП – побічні продукти, К – ПП/відходи виробництва кукурудзи на зерно, С – ПП/відходи виробництва соняшника

Джерела: Аналітичні записки БАУ № 7 (2014) <https://uabio.org/activity/1143/>; № 16 (2016) <https://uabio.org/activity/305/>;

Матеріали Міжнародного семінару «Агровідходи для біоенергетики. Проблеми та рішення», 27.09.2018, Київ <https://saf.org.ua/news/94/>

Попередня позиція Біоенергетичної асоціації України щодо частки післяжнивних решток, доступних для енергетики

Позиція сформована після вивчення світового досвіду (детально викладена в Аналітичній записці БАУ 2014 р.):

- ✓ Питання про частку соломи та інших післяжнивних решток, що можуть бути використані для виробництва енергії або біопалива, необхідно вирішувати **індивідуально для кожного господарства**. При цьому мають бути враховані всі важливі агроекономічні фактори.
- ✓ Для України **в цілому** можна запропонувати лише загальні **рекомендації** щодо частки соломи та інших рослинних залишків, доступних для використання в якості палива, з урахуванням власних потреб с/г:

до 30%* теоретичного потенціалу соломи зернових культур;

до 40%* теоретичного потенціалу соломи ріпаку, відходів виробництва кукурудзи на зерно та соняшника.

* Без врахування опції виробництва біогазу з рослинних залишків та повернення дигестату на поля.

Джерело: Аналітична записки БАУ № 7 (2014) <https://uabio.org/activity/1143/>

Оцінка частки використання післяжнивних решток на енергетичні потреби в Україні: уточнені дані із врахуванням зброджування біомаси і повернення дигестату на поля

ВИД БІОМАСИ	ЕНЕРГЕТИКА, %			ІНШЕ, % ¹⁾	Залишається на полі ²⁾	ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТУ, %			
	Виробництво енергії/твердих біопалив	Зброджування (біогаз)	Загалом			Повертається на поле з дигестатом		ВСЬОГО	
						За С орг.	За NPK	За С орг.	За NPK
	I	II	III (I+II)			IV	V	VI	VII
Солома зернових колосових	20	20	40	20	40	9	20	49	60
Стебла, стрижні кукурудзи	40	30	70	0	30	14	30	44	60
Стебла, кошики соняшнику	40	27	67	0	33	12	27	45	60
Солома сої	40	30	70	0	30	14	30	44	60
Солома ріпаку	40	30	70	0	30	14	30	44	60
Ботвина цукрових буряків	0	90	90	0	10	41	90	51	100

1) Корм/підстилка для худоби, вирощування грибів, виробництво паперу та інше.

2) Сума складових III (енергетика), IV (інше) і V (залишається на полі) дорівнює 100%.

Кукурудзиння – біоенергетична перспектива України

Хімічний склад та характеристики різних видів біомаси

Показники	Свіжа солома («жовта»)	Лежала солома («сіра»)	Солома озимої пшениці	Стебла кукурудзи*	Стебла соняшника*	Деревна тріска
Вологість, %	10-20	10-20	11,2	45-60 (після збирання) 15-18 (висушені на повітрі)	60-70 (після збирання) ~20 (висушені на повітрі)	40
Нижча теплота згорання, МДж/кг	14,4	15	14,96	16,7 (с.р.) 5-8 (W 45-60%) 15-17 (W 15-18%)	16 (W<16%)	10,4
Вміст летючих речовин, %	>70	>70	80,2	67	73	>70
Зольність, %	4	3	6,59	6-9	10-12	0,6-1,5
Елементарний склад, %:						
вуглець	42	43	45,64	45,5	44,1	50
водень	5	5,2	5,97	5,5	5,0	6
кисень	37	38	41,36	41,5	39,4	43
хлор	0,75	0,2	0,392	0,2	0,7-0,8	0,02
калій (лужний метал)	1,18	0,22	–	стрижні: 6100 мг/кг с.р.	5,0	0,13-0,35
азот	0,35	0,41	0,37	0,69; 0,3	0,7	0,3
сірка	0,16	0,13	0,08	0,04	0,1	0,05
Температура плавлення золи, °С	800-1000	950-1100	1150	1050-1200	800-1270	1000-1400

W – вологість. * Дані по вмісту летючих речовин, зольності, елементарному складу – % маси сухої речовини (с.р.)

Приклад України: опалення соломною птахокомплексу Дніпровський

- Розташування: Нікополь, Дніпропетровська обл., Україна.
- Перехід з природного газу на біопаливо: 2012 рік.
- Котли чеської компанії TTS Group: **2 × 5 МВт на соломі.**
- Солома з власних полів підприємства (пшениця, ячмінь – 7600 га); середній вихід соломи 3 т/га; середній радіус поставки 15 км (діапазон розташування полів 3-40 км).
- Заготовлюється 10 тис. т соломи/рік **з ~3000 га, забирається весь обсяг. Вважають, що на відсутності прикопування соломи економлять на витраті аміачної селітри (потрібно 10 кг діючої речовини селітри на 1 т соломи, загалом 30 кг на га).**
- Зола не повертається на поле. Можна вносити гранульовану, 200-300 кг/га (під соняшник).
- Зберігання соломи: 3 склади, 2 скирти. Придбано 3 прес-підбирача соломи, по факту використовуються 2 (1 – запасний).

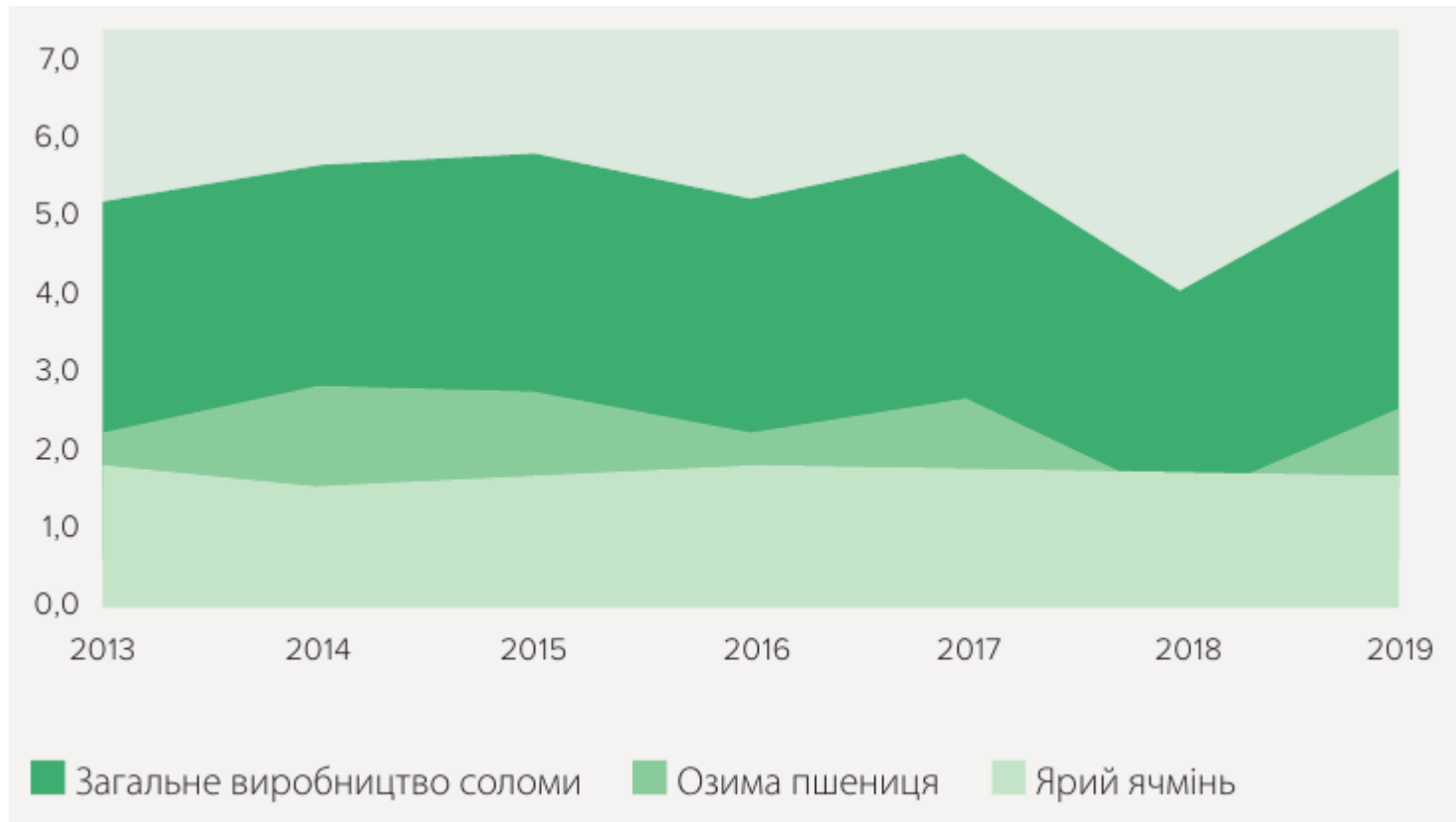


Зарубіжний досвід з енергетичного використання післяжнивних решток

Утворення та використання соломи в Данії

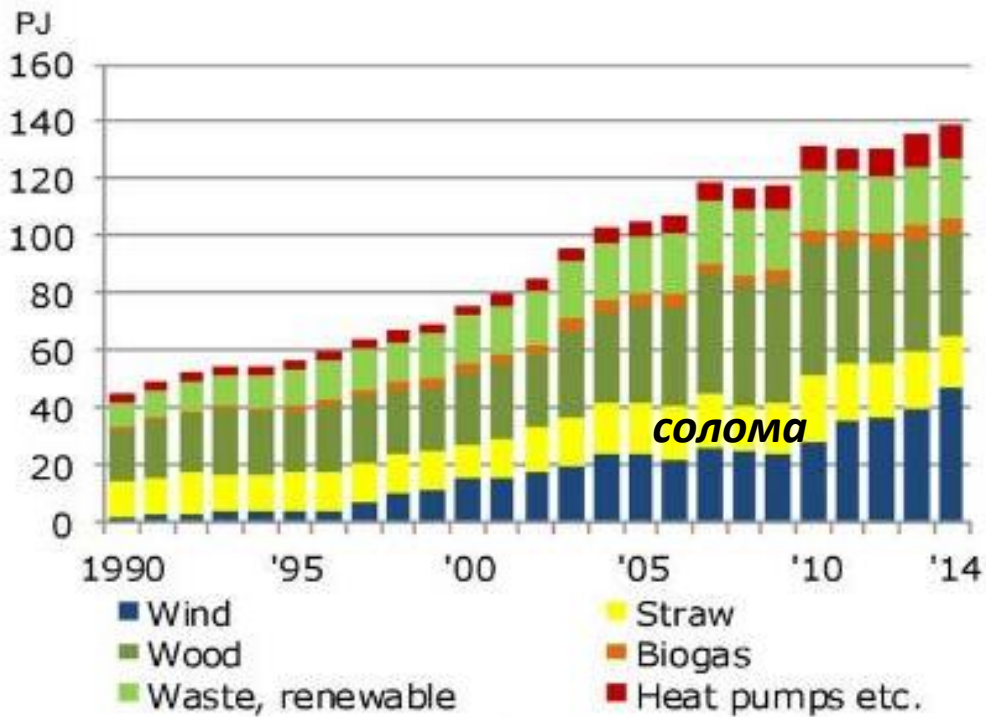
- 62% земель (2,66 млн га) є сільськогосподарськими. Зернові виробляються на 1,44 млн га (54% с/г земель)
- Утворення соломи - близько **5,5** млн тон на рік. **40%** заорюється в ґрунт.
- **60% обсягу соломи використовується як підстилка та для виробництва енергії (50/50)**
- 12% сільськогосподарських земель – органічне виробництво.

Утворення соломи (загальне та окремих видів), млн т

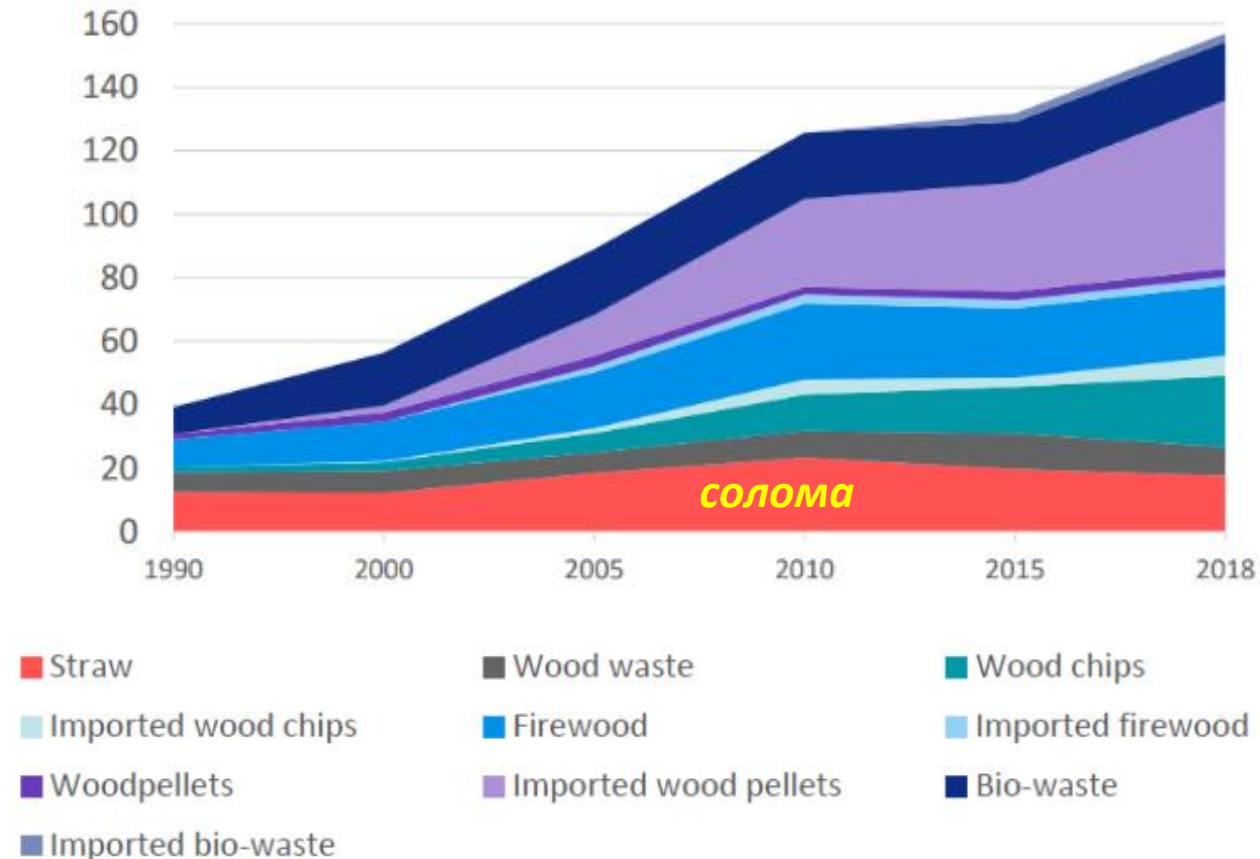


Споживання біопалив та виробництво відновлюваної енергії в Данії

Структура виробництва відновлюваної енергії за джерелами, ПДж

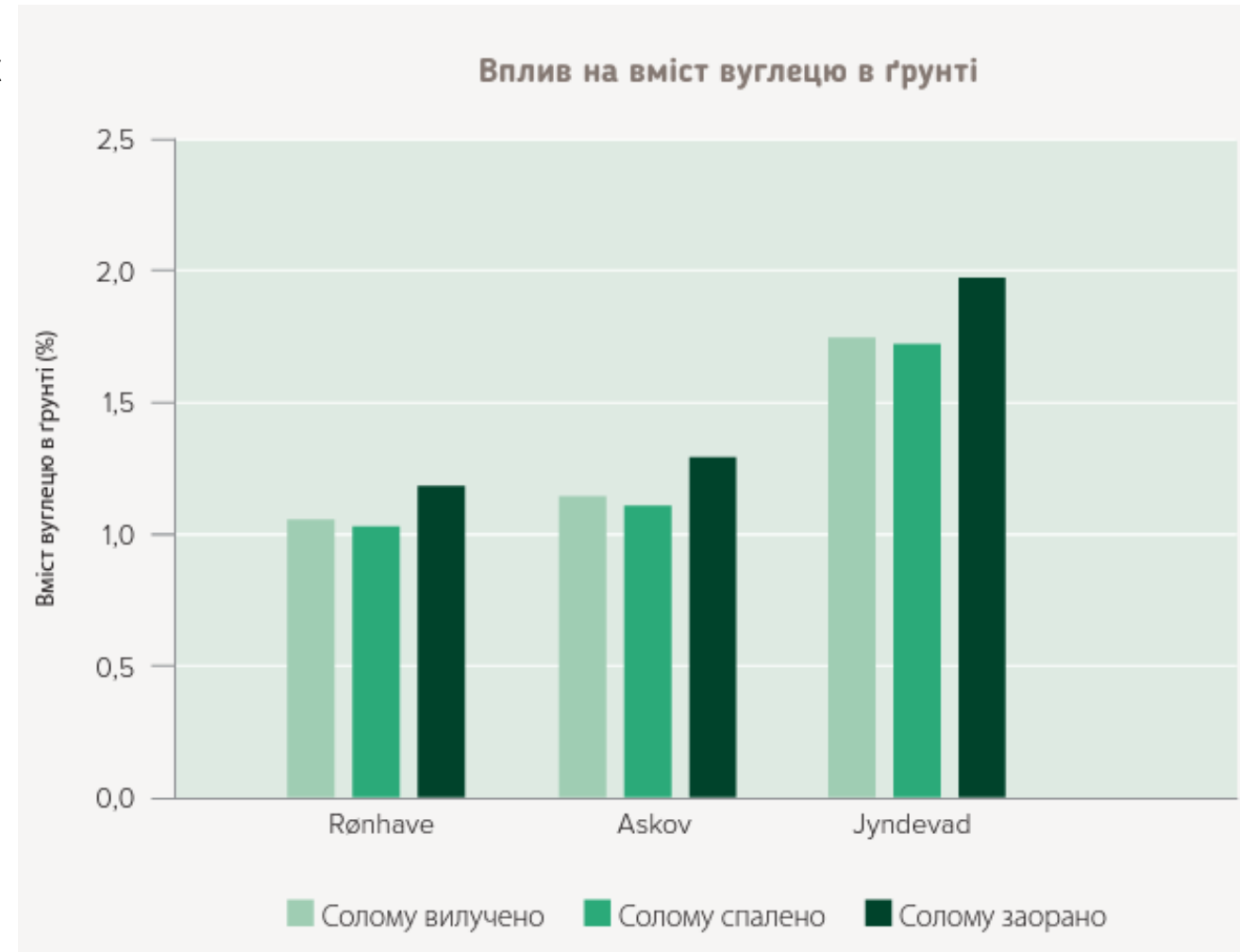


Споживання біомаси/біопалив, ПДж



Дослідження впливу від вилучення соломи на ґрунт в Данії

- ❖ **Довготривалі дослідження** проведено на 3-х дослідних станціях: Askov (29 років), St. Jynde vad (29 років) та Røn have (36 років).
- ❖ **Результати:**
 - вміст вуглецю у верхніх **20 см ґрунту** значно вище при заорюванні соломи протягом близько 30 років;
 - ефект від вилучення соломи може бути компенсований поверненням **золи**, використанням **покровних культур** після збору врожаю, які потім заорюються в ґрунт.
- ❖ **Позиція данських фермерів/агрономів:** у короткостроковій перспективі на врожайність вилучення соломи **не впливає**, якщо поживні речовини **вносяться** з гноєм, гноївкою та/або мінеральними добривами.



Використання золи від спалювання соломи в Данії



- Котельня ЦТ на соломі **1 МВт** з 2016 р.
- Споживання соломи: 1000 т/рік.
- Солома у вигляді великих тюків постачається місцевими фермерами.
- **Зола повертається фермерам для використання як добриво.**

Джерело: Матеріали проекту AgroBioHeat
<https://agrobioheat.eu/>; <https://uabio.org/news/9341/>



- ТЕЦ **38 МВт_e + 110 МВт_t** забезпечує 20% ЦТ м Орхус.
- Споживання соломи до 240 тис. т/рік.
- Солому доставляють від місцевих фермерів.
- **Зола продається для використання як добриво.**

Котельня системи ЦТ на соломі м. Рінгстед



- Два котли на соломі по **8,5 МВт**.
- Тюкована солома закуповується через тендер у фермерів.
- **Зола повертається фермерам для використання як добриво.**

Використання золи від спалювання соломи в Данії (2)

- ❑ Зола після спалювання соломи містить кілька цінних поживних речовин, зокрема, **фосфор** та **калій**, тому рекомендується **повертати** її в ґрунт за умови контролю обсягу **важких металів**.
- ❑ В Данії застосування золи від спалювання біомаси, в тому числі соломи, **регулюється** «Наказом про використання золи з біомаси в сільськогосподарських цілях» (“Bioaskebekendtgørelsen”). Основна мета документу – контроль кількості **важких металів**, що попадають у ґрунт.
- ❑ **Порогові значення** вмісту важких металів у золі (*мг на кг сухої речовини*) згідно Наказу:
ртуть – 0,8, свинець – 120, нікель – 60 , хром – 100, кадмій – 5
- ❑ Інші положення Наказу:
 - щорічно можна вносити щонайбільше 0,8 г кадмію на гектар (у середньому протягом 5 років);
 - загалом можна вносити максимум **5 т золи** (сухої речовини) на гектар протягом **5 років**.



Дигестат з біогазових установок також вноситься на поля в Данії і вважається набагато **кращим** добривом, ніж зола.

Граничні значення для важких металів і поживних речовин золи біомаси для застосування як добрива на с/г та лісових землях

Показник	Німеччина ¹	Австрія ²	Данія ³	Швеція ⁴	Фінляндія ⁵
Поживні речовини (% мін.)		Клас А/В			AGR/FOR
Ca	15 ¹ (CaO)			12,5	10 ⁵ /6
K	3 ¹ (K ₂ O)			3,0	-/2 (K+P)
Mg				1,5	
P	2 ¹ (P ₂ O ₅)			0,7	-/2 (K+P)
N	3 ¹				
Zn				0,05	
Важкі метали (мг/кг макс.)					
As	40	20/20		30	25/40
B				800	
Cd	1,5	5/8	5 ^a /20	30	2,5/25
Crtot		150/250	100	100	300/300
Cr (VI)	2				
Cu		200/250		400	600/700
Hg	1		0,8	3	1,0/1,0
Ni	80	150/200	60	70	100/150
Pb	150	100/200	120/250 ^b	300	100/150
Ti	1				
V				70	
Zn		1200/1500		7000	1500/4500

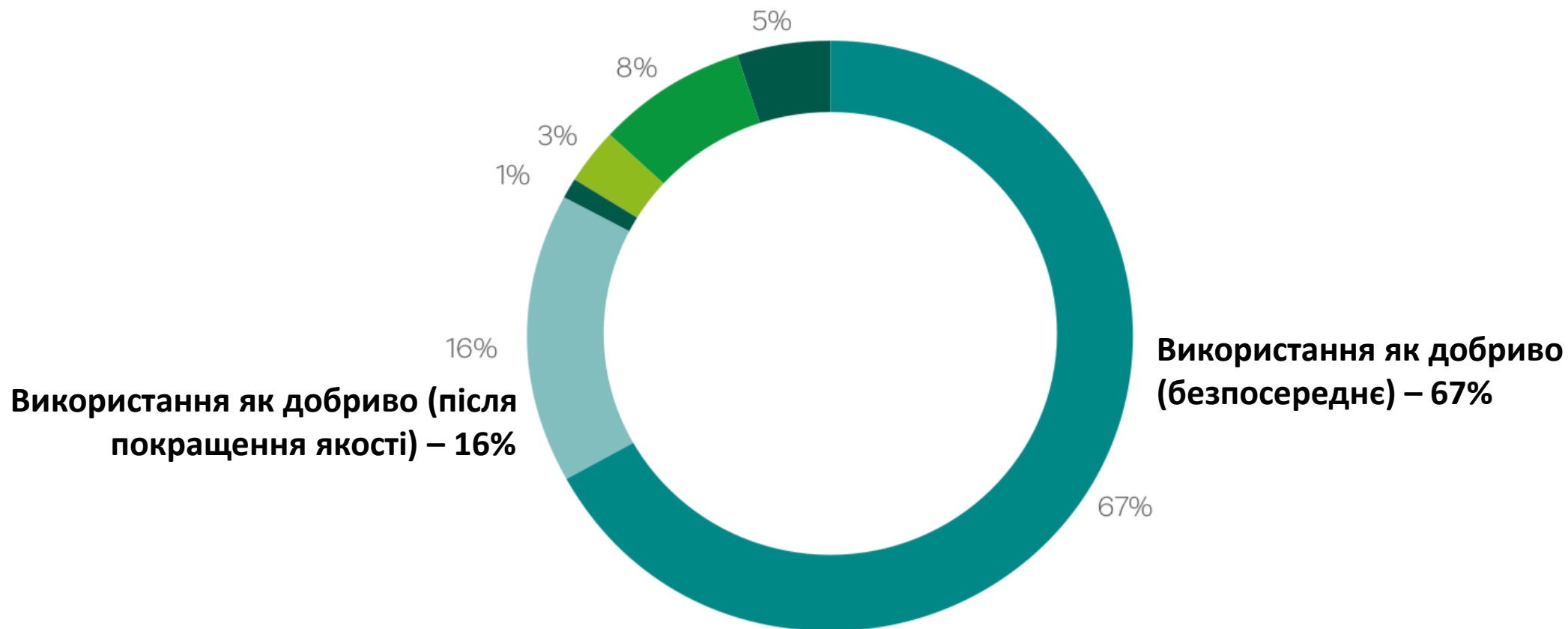
* мг/кг або % по сухій масі. 1. Німеччина: тільки подова зола може використовуватися як добриво; граничні значення не стосуються золи з деревини, що утилізується на лісових землях. 2. Австрія: Зола по Класу А може використовуватися без хім. аналізу ґрунту, зола з вмістом важких металів між граничними значеннями Класу А та В може використовуватися після хім. аналізу ґрунту, який свідчить про безпечність щодо до вмісту важких металів. 3. Данія: а – зліва для золи з соломи / справа для золи з деревини; b – для золи з деревини, що використовується у лісівництві. 4. Швеція: граничні значення дійсні для використання на лісових землях. 5. Фінляндія: ліві значення для використання на с/г землях (AGR)/праві значення для використання на лісових землях (FOR).

Напрямки утилізації золи біомаси в деяких країнах

Країна	Австрія	Канада	Данія	Німеччина	Італія	Нідерланди	Швеція
Спосіб утилізації							
Полігони, звалища	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)
Добавка в цементне сире борошно	Так (Т)	Так (Т)			Так (Т)		Ні
Заповнювач цементів і бетонів					Можливо (Т)	Так (Т)	
Лісове господарство	Ні		Так (К)			Можливо (Т/З)	Так (К)
Добриво/ покращувач ґрунтів	Так (Т)	Так (К)	Так (К/З)	Так (К)	Так (К)	Так (З)	Ні
Добавка в компост	Так				Можливо	Можливо (Т/З)	
Заповнювач асфальту	Можливо (В)	Ні			Так (Т)	Так (Т)	Ні
Заповнювач шахтних виробок				Так (К)	Ні	Так (К)	Ні
Цивільне будівництво	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)	Так (К)
Інші будівельні матеріали	Так (Т/З)				Можливо (Т/З)	Так (Т/З)	Ні
Інше використання (точно не визначене)		Так (Т/З)					
Експорт (точно не визначений)					Так (К/З)		Так (К/З)

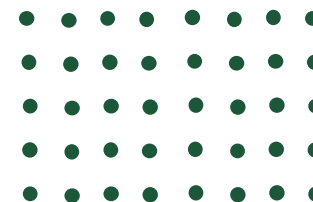
Так: застосовується в даній країні; **Так (жирним шрифтом)**: основний спосіб застосування; Можливо: можливість застосування вивчається, досліджується; К: кінцеве використання; Т: в залежності від технологічних вимог; З - в залежності від законодавчих вимог

Напрямки використання дигестату в Європі



- Usage as a biofertilizer (direct)
- Usage as a biofertilizer (after upgrading)
- Biological processing (nitrification/denitrification) Біологічна обробка 1%
- Exported Експорт 3%
- Other usage Інші напрямки утилізації 8%
- Unknown Немає даних 5%

Джерело: EBA Statistical Report 2022
<https://www.europeanbiogas.eu/tras-hed-3/>



Приклад США: практичний досвід заготівлі великих обсягів побічної продукції кукурудзи на зерно компанії Verbio



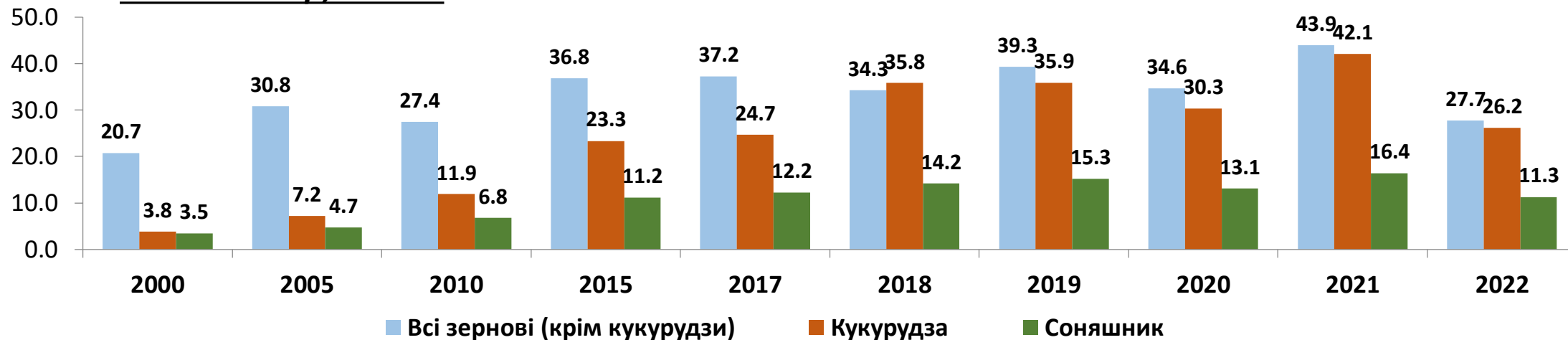
- ❑ Виробництво відновлюваного природного газу (**RNG**) розпочалося у 2021 р. (м. Невада, Айова, США): 7 млн галонів в еквіваленті етанолу (EGE) на рік (2022 р.). Плани на 2023 р. по **RNG**: 19 млн EGE/рік, по **біоетанолу**: 60 млн галонів/рік. Кукурудзиння надходять з полів місцевих фермерів до сховищ (275 x 90 м та 305 x 45 м) на території заводу. Може зберігатися понад 110 000 тюків та понад 70 тис. м³ дигестату. Площа збору сировини сягає понад 10 000 га і збільшуватиметься у подальшому.
- ❑ *Утворений дигестат повертається на поля як органічне добриво.*
- ❑ *Дослідження у штаті Айова (до початку роботи Verbio), показали, що врожайність на полях із частково видаленою побічною продукцією з повторним вирощуванням кукурудзи на зерно збільшилася приблизно на 0,35 т/га у порівнянні з попередніми роками.*

Джерела: <https://www.facebook.com/uabio/posts/pfbid02Xa7C2XGeDVY26CA5R9SB9WbmYSA4Aj3C1Jh6Kk94ycnHcb7BcxSBa3LfPiArYdP1>
<https://biofuels-news.com/news/verbio-plant-to-operate-as-biorefinery-in-2023/>; <https://www.youtube.com/watch?v=aEJIOV-BZEw>

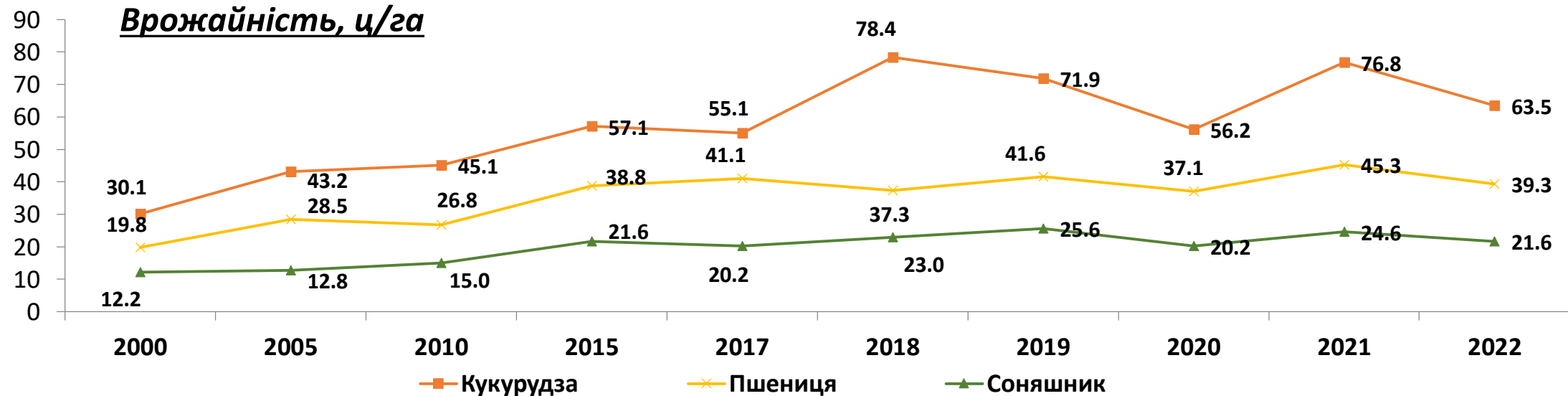
Ситуація в Україні: утворення та використання післяжнивних решток

Динаміка виробництва і врожайності основних с/г культур в Україні

Валовий збір, млн т



Врожайність, ц/га



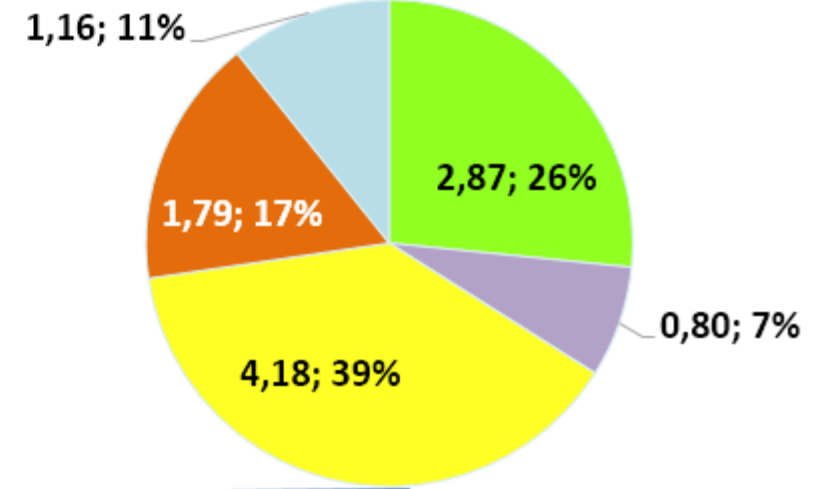
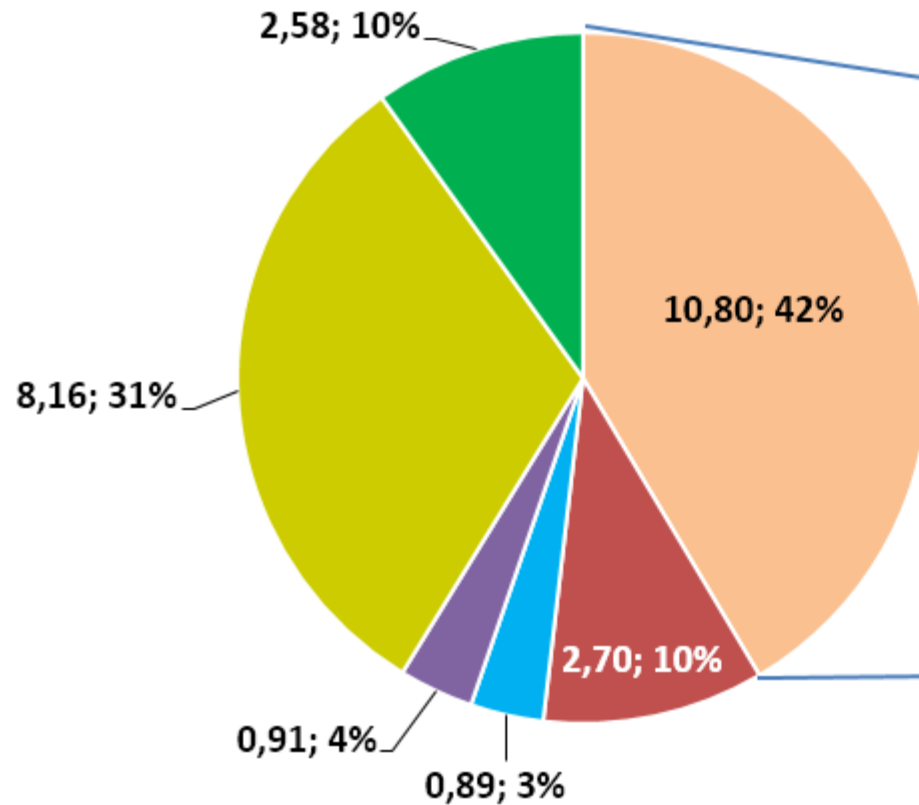
Джерело: Державна служба статистики України

Структура енергетичного потенціалу біомаси в Україні (2021)

Загальний економічний потенціал:
~26 млн т н.е.

Сільськогосподарські залишки*:
10,8 млн т н.е.

* Для спалювання/виробництва
твердих біопалив. Інша частина
врахована як сировина для біогазу

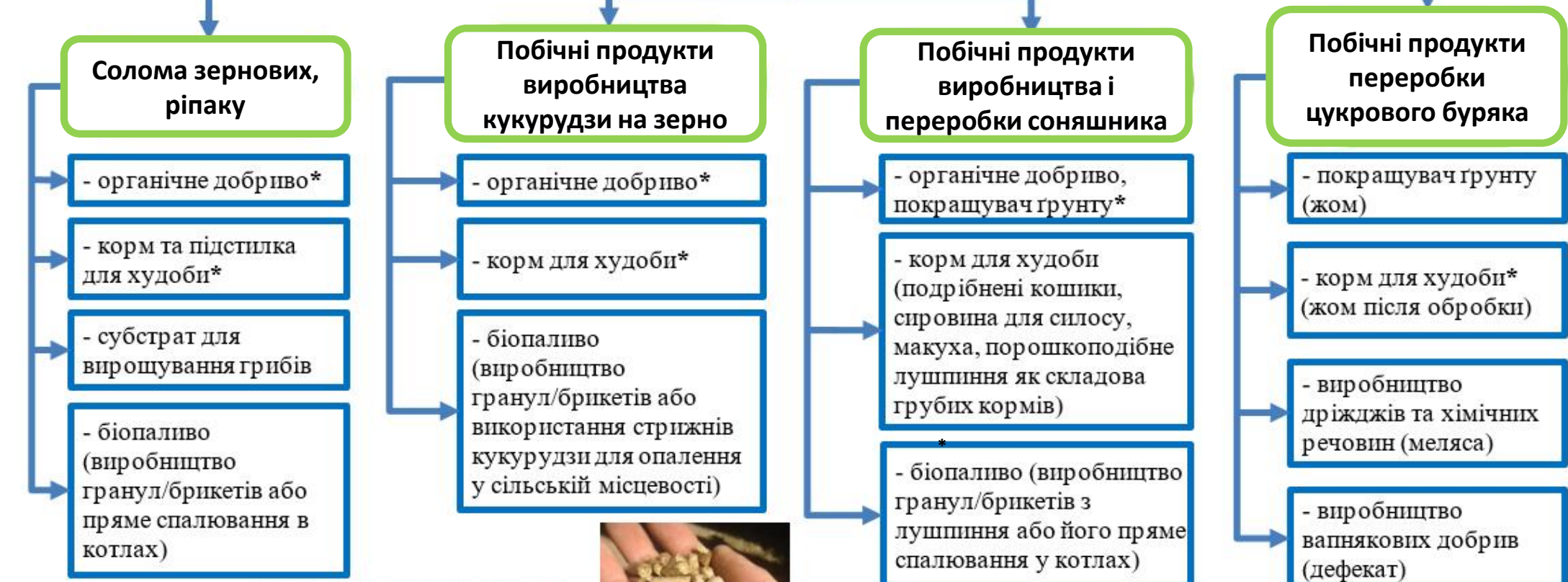


С/г залишки
Біодизель
Біогаз

Деревна біомаса
Біоетанол
Енергорослини

Солома зернових
Солома ріпаку
ПП/відходи виробництва зернової кукурудзи
ПП/відходи виробництва соняшника
Лушпиння соняшника

Існуючі та переважаючі (*) напрямки використання сільськогосподарських залишків в Україні

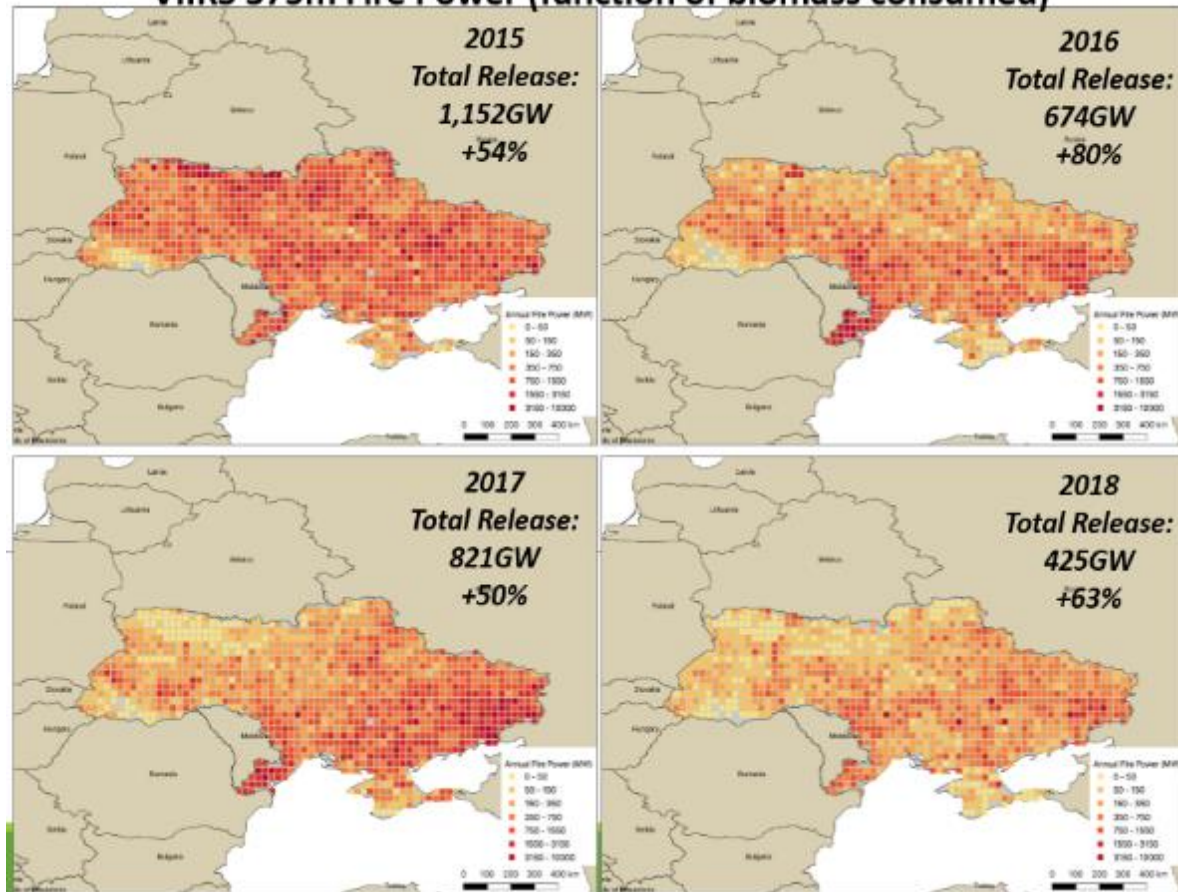


Спалювання рослинних решток на полі – найгірший спосіб утилізації

*Дослідження Університету Меріленду (США):
Радіаційна потужність тепловипромінювання від
пожеж на полях України*



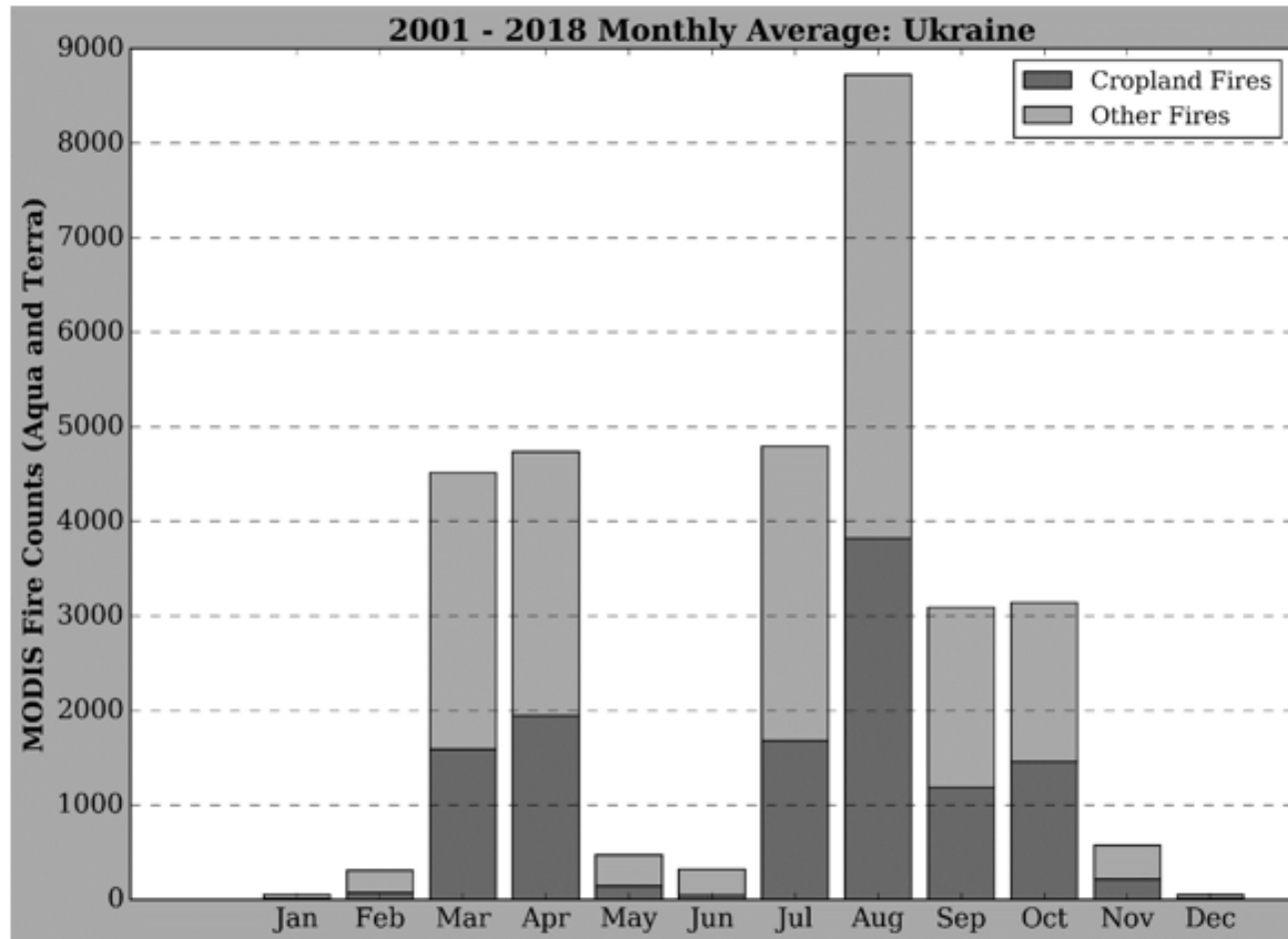
VIIRS 375m Fire Power (function of biomass consumed)



Джерело: презентація Dr. Joanne Hall (Університет Меріленду, США) на семінарі «Відкрите спалювання в національному, регіональному та глобальному контексті» (07.03.2019, Київ).

Частота пожеж на полях України протягом року

Дослідження Університету Меріленду (США)



← Пожежі на полях
← Інші пожежі

- Протягом 2001-2018 рр. фіксувалося в середньому до **12,5 тис./рік** пожеж на полях.
- Найбільша кількість у **березні-квітні** (до 2000, період до сівби) і **серпні** (~3800, період після збору врожаю).
- Україна є **другою** у світі по кількості пожеж на га с/г землі.

Небезпечні наслідки спалювання післяжнивних залишків на полі

Протягом 01-09 2023 р. в Україні виникло понад 17 тис. пожеж через спалювання стерні і трави; згоріло 13 тис. га земель.

Причини спалювання стерні, соломи, післяжнивних залишків:

- ✓ Велика кількість післяжнивних решток після збирання кукурудзи, соняшнику або неякісний їх розподіл по поверхні.
- ✓ Складнощі під час зароблення соломи, довшої за 15 см, і високої стерні (понад 20 см) у ґрунт.
- ✓ Рослинні рештки перегнивають **повільно**, при цьому витрачається мінеральний азот з ґрунту.
- ✓ Нестача вологи, яка ускладнює обробіток ґрунту. Сухі рештки рослин додатково **висушують** землю, і фермери можуть вважати за краще спалити соломку, ніж заробляти її.

Негативні наслідки спалювання рослинних решток на полі:

- **Забруднення** повітря шкідливими речовинами (оксиди азоту, діоксид сірки, сажа), що має негативний вплив на здоров'я людей.
- **Зниження** родючості ґрунту через загибель корисних мікроорганізмів, які відіграють важливу роль у процесі утворення гумусу.
- **Вигорання** гумусу, зменшення біологічної активності ґрунту.
- **Загроза** розповсюдження вогню на сусідні поля, лісосмуги, сади, будівлі.

На час воєнного стану відповідальність за спалювання сухої рослинності значно **посилили** і навіть можуть прирівнювати до диверсій.



Джерела: Статті «Спалювання стерні — відповідальність і наслідки для фермерів» (2023) <https://kurkul.com/spetsproekty/1498-spalyuvannya-sterni--vidpovidalnist-i-naslidki-dlya-fermeriv>; «Спалювання соломи та рослинних решток у полі: користь чи шкода?» (2017) <https://bit.ly/45F9mG6>

Ситуація в Україні: динаміка внесення добрив. Можливі стратегії збільшення надходження вуглецю у ґрунт

Структура використання енергетичного потенціалу біомаси в Україні (2019)

Вид біомаси і напрямок використання	Енергетичний потенціал БМ, тис. т	Вже використовується для енергетики		% використання енерго- потенціалу БМ
		тис. т	тис. т н.е.	
СОЛОМА ЗЕРНОВИХ/РІПАКУ:	13604	455	157	3,3%
- Спалювання (тюки)		350	119	2,6
- Виробництво та спалювання гранул/брикетів		100	36	0,7
- Виробництво та експорт гранул		4,9	2	0,0
СТЕБЛА, СТРИЖНІ КУКУРУДЗИ	18660	15	5,0	0,1%
СТЕБЛА, КОШИКИ СОНЯШНИКА	11590	0,0	0,0	0,0%
Деревна біомаса:	10941	10251	2799	93,7%
- Спалювання (дрова/тріска)		8900	2337	81,3
- Експорт (дрова/тріска)		600	158	5,5
- Виробництво, спалювання гранул/брикетів		300	122	2,7
- Виробництво та експорт гранул/брикетів		451	183	4
ЛУШПИННЯ СОНЯШНИКА:	2585	1890	789	73,1%
- Спалювання лушпиння		1280	535	49,5
- Виробництво та спалювання гранул/брикетів		400	167	15,5
- Виробництво та експорт гранул		210	88	8,1
Жом цукрового буряку	4410	360	18,4	8,2%
Силос кукурудзи	27000	33	4,1	0,1%
Гній та послід	30020	440	16,9	1,5%
ВСЬОГО	118810	13444	3790	В середньому: 11,3%
<i>Енергобаланс 2019 р. (Виробництво біопалив)</i>			3786	

☀️ Низький % використання потенціалу → невеликий вплив на стан ґрунту

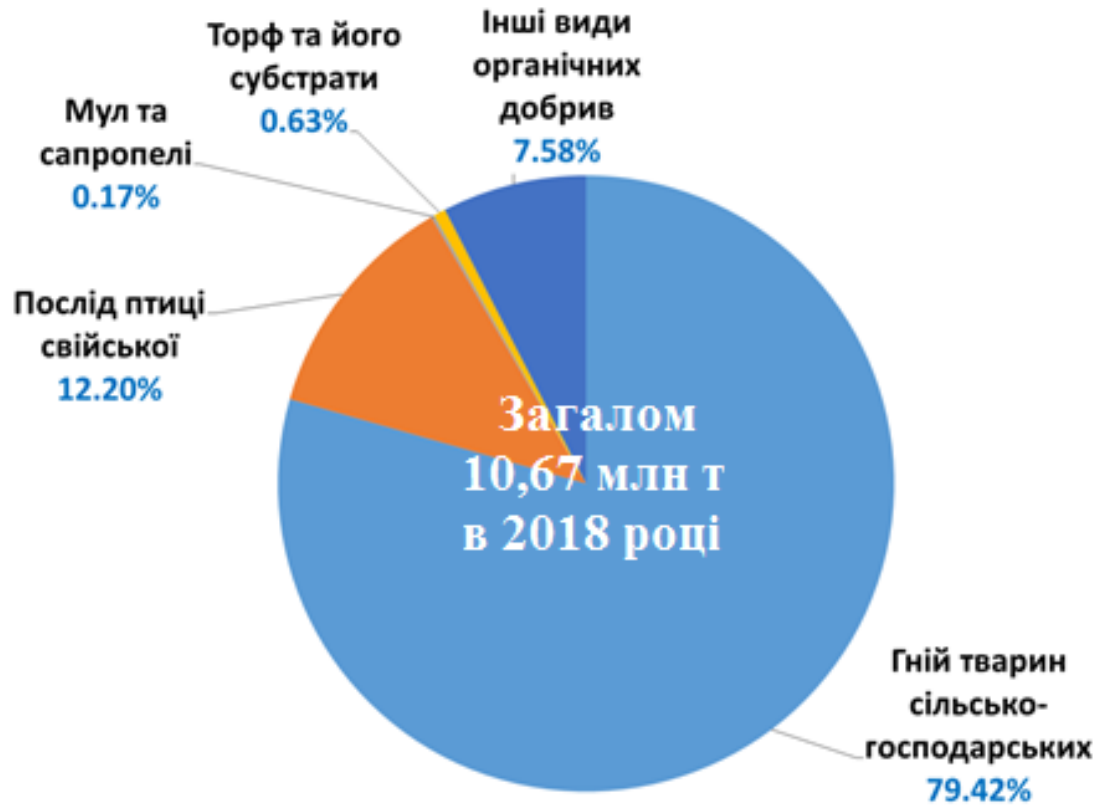
Внесення добрив у підприємствах України

ПОКАЗНИК	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
Мінеральні добрива (у діючій речовині)								
Внесено під урожай звітного року, тис. т:	282	560,5	1064	1415	2151	2142,5	2489	2584
азотних (N)	226	378,5	777	985	1405	1467,5	1716	1770
фосфорних (P ₂ O ₅)	30	102	158	223	410	367	433	451
калійних (K ₂ O)	18	80	129	207	335	308	340	363
Площа, оброблена добривами, млн га	4,6	7,8	12,6	14,5	16,1	16,4	16,4	16,8
Частка удобреної площі, %	22	45	70	81	91	91	93	92
➔ Внесено, кг/га: - удобреної площі	60	72	84	98	134	131	152	154
- посівної площі	13	32	58	79	121	119	141	142
Органічні добрива								
Внесено під урожай звітного року, млн. т	29,0	13,4	10,0	9,7	10,7	10,4	10,2	10,7
Площа, оброблена добривами, млн га	0,7	0,5	0,4	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0
Частка удобреної площі, %	3,3	2,7	2,2	2,5	4,4	4,3	5,4	5,7
➔ Внесено, т/га: - удобреної площі	39,8	28,5	24,4	21,8	13,7	13,4	10,6	10,4
- посівної площі	1,3	0,8	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6

Джерело: Державна служба статистики України

Використання добрив в Україні

Структура внесення органічних добрив, 2018 р.



Структура внесення мінеральних добрив, 2018 р.





Динаміка внесення органічних добрив і динаміка зміни поголів'я тварин в Україні

— Внесення органічних добрив на 1 га обробленої площі (органічними добривами), кг/га
 — Внесення органічних добрив на 1 га орних земель в Україні, кг/га

Поголів'я в тваринництві України



Джерело: Державна служба статистики України

Можливі напрямки збільшення надходження органічних добрив у ґрунт

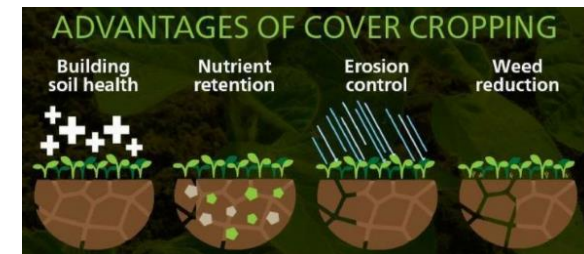
- Збільшення обсягів внесення **гною/посліду**, що, в свою чергу, потребує збільшення поголів'я тварин.
- Збільшення частки **поживних решток**, що вносяться в ґрунт. **Правильне** внесення.
- Повернення **поживних речовин** з потоками залишків/відходів перетвореної первинної аграрної продукції: міські харчові відходи, побічна продукція харчової переробної промисловості, некондиційний урожай, тощо (у т.ч. внесення **дигестату**).
- Використання потенціалу деградованих земель, непридатних для ведення традиційного агровиробництва, для продукування **рослинної біомаси** (багаторічні трави), що буде направляти для удобрення ріллі (у т.ч. енергетичні культури на зброджування із наступним внесенням **дигестату**).
- Використання потенціалу лугових земель, газонів, для збору **рослинної біомаси**, що буде направляти для удобрення ріллі.
- Вирощування **поживних культур** для зброджування з наступним поверненням **дигестату**.

Покривні культури

Покривні культури – рослини, які формують ґрунтовий *покрив* задля певної мети. *Основні задачі* покривних культур – **захист** ґрунту від ерозії, **покращення** його якості, зменшення кількості бур'янів, через що знижується потреба у застосуванні засобів захисту рослин та добрив. Різноманітність рослинності цілий рік збільшує вміст органічних речовин і вуглецю в ґрунті, фіксуючи азот в ґрунті і знижуючи потребу в застосовуваних азотних добривах.

Покривні культури поділяються на **озими** (висіваються пізно літом або восени) і **ярі** (вироснуть протягом певної частини одного вегетаційного сезону).

Вибір виду покривних рослин залежить від **мети** їх використання та специфіки конкретного поля. Найчастіше такий рослинний покрив виконує кілька функцій одночасно. Якщо використання покривних культур передбачає забезпечення готовим біологічно зв'язаним **азотом** наступні культури сівозміни, тоді варто вибирати **вид з родини бобових**, наприклад, вигну (вона зв'язує азот і має вузьке співвідношення C:N в рослинних рештках). Якщо покривні культури повинні виконувати роль **мульчуючого шару і служити засобом пригнічення бур'янів**, тоді варто вибирати вид з **широким співвідношення C:N**, тобто покривні культури повинні нарощувати велику біомасу та відповідати характеристикам, що забезпечують пригнічення росту бур'янів (**суданська трава або сорго**).



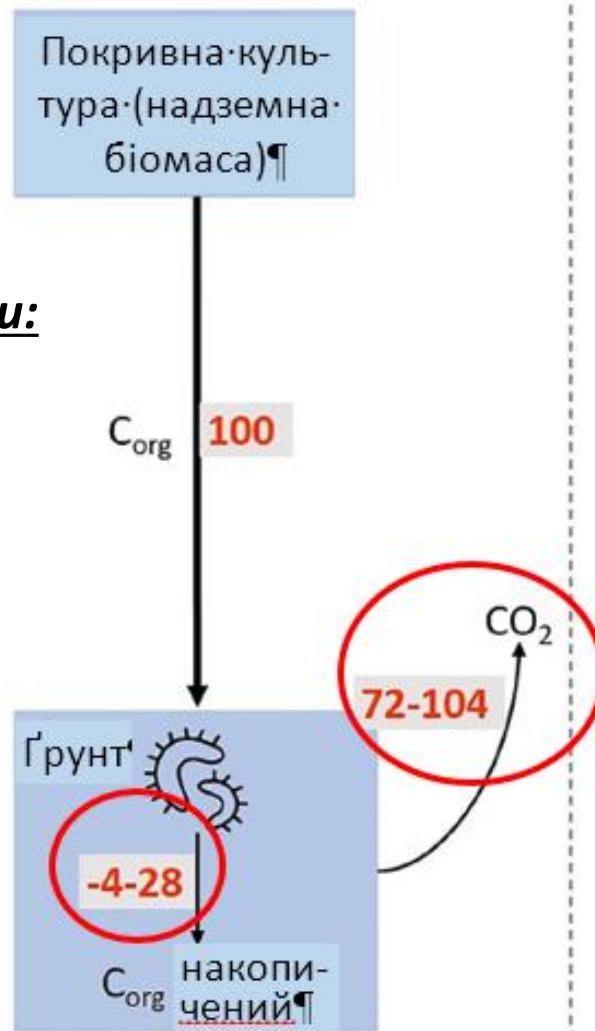
Можливості покривних культур для покращення якості ґрунту

Баланс органічного вуглецю у ґрунті при:

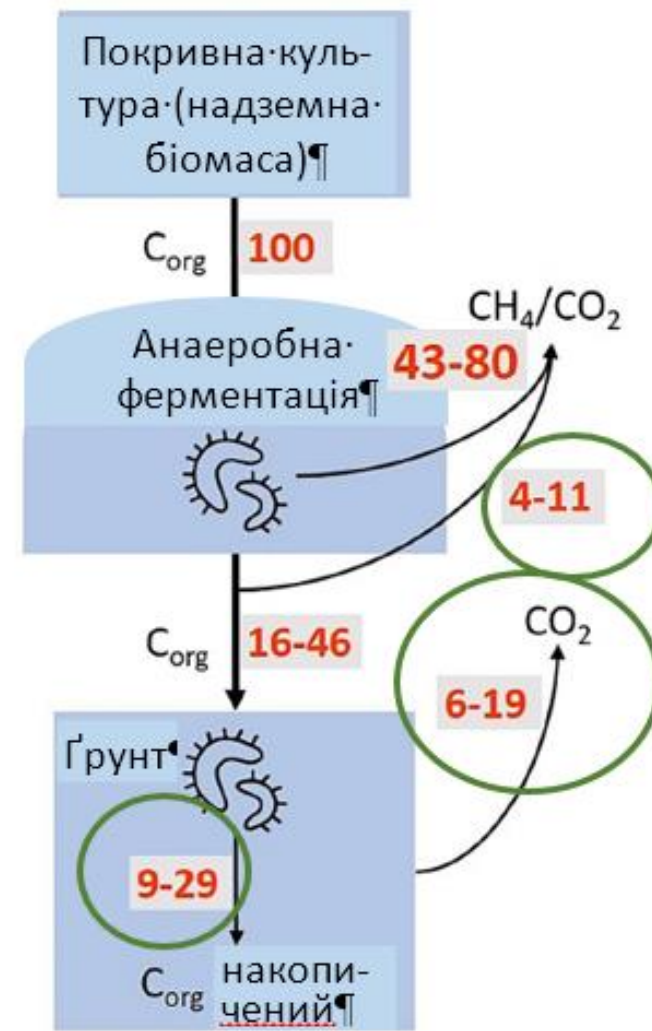
1) при копуванні надземної біомаси покривних культур (C_{org} -4...28);

2) при зброджуванні з поверненням дигестату (C_{org} 9...29)

1) при копуванні



2) зброджування



Джерело: Дослідження французьких фахівців (2022)
<https://doi.org/10.1007/s13593-022-00790-8>

Висновки

- Післяжнивні рештки: пошук **балансу** між використанням для енергетики і стану ґрунтів.
- Індивідуальній** підхід до кожного випадку, кожного господарства.
- Повернення **дигестату** на поля.
- Вирощування **покривних** культур. Зброджування з поверненням дигестату на поле.
- Переважне використання **кукурудзиння**, а не соломи. Залучення стебел соняшника.
- Заборона** спалювання післяжнивних решток на полі і слідкування за цим.
- Відродження **тваринництва**, внесення гною на поля.







VYTAUTAS MAGNUS
UNIVERSITY
MCMXXII

Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую!

Тетяна Желєзна



-  Експерт UABIO, к.т.н.
-  +380 67 588 5585
-  zhelyezna@uabio.org
-  <https://uabio.org>

