

АНАЛІТИЧНА ЗАПИСКА

UABIO

№ 27 | 2020

techniedeti.ru



В.Г. Крамар

**ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УТИЛІЗАЦІЇ
ЗОЛИ ВІД СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ.
ЗОЛА БІОМАСИ ЯК ДОБРИВО
В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

Аналітична записка № 27 Біоенергетичної асоціації України є черговою в запланованій серії публікацій з основних питань розвитку біоенергетики в Україні.

Метою цієї *Аналітичної записки* є пошук та обґрунтування раціональних способів утилізації золи від спалювання біомаси, зокрема, аналіз можливостей та узагальнення досвіду її використання як добрива в сільському господарстві. За останні роки в Україні суттєво зросло використання паливної біомаси, що супроводжується утворенням золи від її спалювання. На сьогодні в Україні немає усталеної практики поводження з цією золою, що відповідає б принципам циркулярної економіки. Переважно зола вивозиться на полігони твердих побутових відходів, що спричиняє додаткові витрати підприємств та збільшує антропогенне навантаження на екосистему. З точки зору сталого розвитку повторне використання цього ресурсу має важливе значення, оскільки така зола містить ряд цінних мінеральних речовин, що могли б використовуватись як добрива та повертатись до свого природного кругообігу.

ОБґРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УТИЛІЗАЦІЇ ЗОЛИ ВІД СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ.

ЗОЛА БІОМАСИ ЯК ДОБРИВО В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Аналітична записка UABIO № 27

Крамар В.Г.

15 грудня 2020 р.

© Біоенергетична асоціація України, 2020

Жодна частина цієї публікації не має бути відтворена, розповсюджена або передана в будь-якій формі або будь-якими способами, включаючи фотокопіювання, запис чи інші електронні або механічні методи, без прямого індексованого посилання на першоджерело чи письмової згоди.

Письмову згоду можна отримати за контактами наведеними нижче.

Публікація доступна на: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/>

Для відгуків та коментарів: kramar@secbiomass.com

Біоенергетична асоціація України

вул. Марії Капніст, 2-А, оф. 116,

м. Київ, Україна, 03057

+38 (044) 453-28-56

info@uabio.org

www.uabio.org

ПОДЯКА

Автор висловлює щиру подяку за детальне ознайомлення, цінні зауваження і коментарі

Семену Драгнєву,

Євгену Олійнику,

а також усім колегам, що надавали матеріали за цією темою.

Зміст

Вступ	6
1. Загальний огляд видів золи, що утворюється від енергетичного використання біомаси та її властивостей.	7
1.1. Фізико-хімічні властивості, елементарний склад.....	7
1.2. Оцінка обсягів утворення золи від енергетичного використання біомаси в Україні.	11
2. Існуюча практика поводження із золою від енергетичного використання біомаси в Україні та за кордоном.	15
2.1. Законодавчі вимоги в Україні щодо поводження із золою.....	15
2.1.1. Загальні положення.....	15
2.1.2. Вимоги щодо зберігання золи	16
2.1.3. Можливості утилізації.	18
2.1.4. Вивезення золи на полігони ТПВ.....	18
2.2. Отримання дозволу на використання золи у якості добрива	19
2.3. Існуюча в Україні практика поводження із золою.....	22
2.4. Зарубіжний досвід використання золи.....	24
3. Основні поняття системи застосування добрив. Обсяги та тенденції їх використання.	29
3.1. Види добрив та їх значення для підвищення врожайності сільськогосподарських культур...	29
3.2. Вимоги до характеристик та складу добрив та сучасні тенденції щодо їх застосування.....	30
3.3. Техніка та технології внесення добрив	31
3.4. Обсяги використання добрив в Україні.....	32
4. Властивості золи як добрива.	35
4.1. Загальні рекомендації щодо використання золи біомаси як добрива.	35
4.1.1. Рослини, що можна удобрювати золою. Рекомендовані прийоми її застосування	36
4.1.2. Застереження при використанні золи. Транспортування та зберігання.	37
4.2. Агрономічна ефективність використання золи як добрива. Порівняння із звичайними добривами. Результати досліджень.	39
4.2.1. Застосування в Україні.....	40
4.2.2. Застосування в інших країнах	40
4.3. Недоліки та бар'єри використання золи біомаси як добрива.	43
4.4. Способи підвищення ефективності використання золи як добрива	44
5. Оцінка доцільності та можливостей використання золи як добрива	47
5.1. Порівняння ціни золи з традиційними мінеральними добривами.....	47
5.2. Можливі обсяги використання (ємність ринку золи як добрива).....	48

5.3. Наскільки привабливий цей вид добрива для споживачів та виробників?.....	50
5.4. Драйвери утилізації золи біомаси.....	53
Висновки та рекомендації	54
Додатки	58
Додаток 1. Елементарний склад та вміст хімічних сполук в золі біомаси.	58
Додаток 2. Список ДСТУ щодо будівельних матеріалів з використанням золи-виносу	61
Додаток 3. Смілаенергопромтранс– заключення про якість деревної золи	62
Додаток 4. Огляд існуючих граничних значень (обов'язкові мінімальне і максимальне значення) для важких металів і поживних речовин золи біомаси для застосування як добрива на сільськогосподарських та лісових землях у різних країнах [4]	63
Додаток 5. Середні норми мінеральних добрив під сільськогосподарські культури, кг/га по діючій речовині (Лісостеп України).....	64
Додаток 6. Найважливіші види мінеральних добрив	65
Додаток 7. Ціни фосфорних, калійних добрив та меліорантів	67
Література	69

Вступ

Проблеми забезпечення сталого розвитку природи і суспільства стають все більш актуальними в сучасному світі. Одним з найбільш популярних визначень сталого розвитку є «розвиток, що відповідає потребам сьогодення без створення загрози можливості майбутніх поколінь задовольняти власні потреби [1]».

Одними з базових принципів раціонального використання в контексті сталого розвитку є «нульовий рівень» споживання природних ресурсів, збереження природного кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності та пріоритетність екологічної оптимальності на довгострокову перспективу.

Принципи сталого розвитку та раціонального використання ресурсів лягли в основу концепції «циркулярної економіки», або «економіки замкненого циклу» як нової економічної моделі, що базується на скороченні, повторному використанні та утилізації енергії, переході від викопного палива до використання ВДЕ, відновленні ресурсів, переробці вторинної сировини.

У грудні 2015 року Комісія ЄС прийняла План дій ЄС для циркулярної економіки та «Економічний пакет», що включає в себе заходи щодо стимулювання переходу Європи до циркулярної економіки. Цілі циркулярної економіки знайшли своє відображення у презентованій Європейською Комісією в грудні 2019 року стратегії «Європейська Зелена Угода» (The European Green Deal) [2], що має на меті перетворити ЄС у справедливе та процвітаюче суспільство із сучасною, ресурсоефективною та конкурентною економікою, вільною від викидів парникових газів у 2050 р., де економічне зростання не прив'язане до використання ресурсів.

У 2017 році Міністерством економічного розвитку і торгівлі України було підготовлено Національну доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна» [3], яка визначає базові показники для досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР). У доповіді представлені результати адаптації 17 глобальних ЦСР з урахуванням специфіки національного розвитку. Ціль 12 Національної доповіді «Відповідальне споживання та виробництво» зазначає необхідність створення правових та інституційних передумов становлення в Україні зеленої економіки, що суттєво зменшить залежність економічного зростання від використання природних ресурсів і енергії. При цьому **концепція циркулярної економіки має слугувати підґрунтям для переосмислення ролі відходів як ресурсів**. Серед заходів в рамках «Цілі 12» передбачається, зокрема, забезпечення сталого використання хімічних речовин на основі інноваційних технологій та виробництв, а також зменшення обсягу утворення відходів і збільшення обсягу їх переробки та повторного використання на основі інноваційних технологій та виробництв.

В останні роки в Україні суттєво зросло використання паливної біомаси, що супроводжується утворенням золи від її спалювання. На даний час в Україні немає усталеної практики поводження з цією золою, що відповідала б принципам циркулярної економіки. В основному, зола вивозиться на полігони твердих побутових відходів, що спричинює додаткові витрати підприємств та збільшує антропогенне навантаження на екосистему. З точки зору сталого розвитку, повторне використання цього ресурсу має важливе значення, оскільки така зола містить ряд цінних мінеральних речовин, що могли б використовуватись як добрива та повертатись до свого природного кругообігу.

Метою даної Аналітичної записки є пошук та обґрунтування раціональних способів утилізації золи від спалювання біомаси, зокрема, аналіз можливостей та узагальнення досвіду її використання як добрива в сільському господарстві.

1. Загальний огляд видів золи, що утворюється від енергетичного використання біомаси та її властивостей

1.1. Фізико-хімічні властивості, елементарний склад

Згідно із визначеннями термінів чинного державного стандарту ДСТУ EN 14588:2013 «Біопаливо тверде. Терміни та визначення понять»:

- зола – це мінеральний залишок, одержаний при спалюванні палива;
- зольність – маса неорганічного залишку, утвореного після спалювання палива у стандартних умовах, вираженого як правило у відсотках за масою при перерахунку на суху речовину;
- внутрішня зола – загальна зольність власне біопалива;
- зовнішня зола – загальна зола біопалива разом із забрудненнями, одержаними під час збирання врожаю (збиранні хліба), лісозаготівлі, обробці, транспортуванні, зберіганні і т. п.

Кількість і елементний склад утвореної золи, а також інші її властивості залежать від наступних основних факторів:

- **видів спалюваної біомаси** (види і походження рослин; частини спалюваних рослин; форми і технології зберігання біомаси для спалювання);
- **технології спалювання** (спалювання на решітці або в киплячому шарі; конструкції камери згоряння і котлів; параметри процесу спалювання: температура горіння, витрата повітря, а також і інші параметри);
- **технології уловлювання золи** з димових газів (циклони, різні фільтри);
- **використання додаткових технологій** щодо запобігання наднормативних викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, що використовуються при спалюванні біомаси (введення аміачної води або доломіту у шар спалювання).

В установках для спалювання біомаси зазвичай присутні три фракції золи (**Рис. 1.1**):

- зольний залишок (**подова зола**);
- зола виносу з циклонів (**циклонна зола**);
- зола виносу з фільтрів (**фільтраційна зола**).

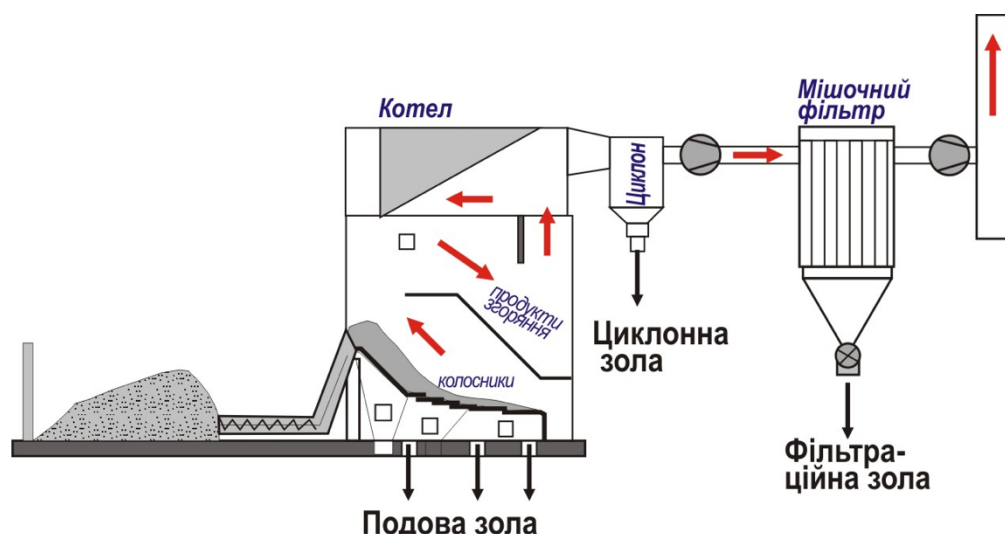


Рис. 1.1. Класифікація золи від спалювання біомаси

Подова зола утворюється на решітці в топці. Ця зольна фракція часто змішується з мінеральними домішками, що містяться в біопаливі, такими як пісок, каміння і земля.

Циклонний зольний пил включає дрібні, в основному неорганічні, частинки золи, що виносяться разом з топковими газами з топки та відкладаються переважно у мультициклонах, розташованих за топкою. Ця зольна фракція, в основному, містить великі частинки золи виносу.

Фільтраційна зола виносу представляє собою другу, більш дрібну фракцію, осідає у електростатичних фільтрах, тканинних фільтрах або у вигляді конденсаційного шламу в блоках конденсації топкових газів (звичайного розташовані за мультициклонами). Ця зольна фракція, в основному, включає аерозолі.

Розподіл маси фракцій золи залежать від виду спалювання біомаси (Таблиця 1.1, Таблиця 1.2). Середня щільність частинок і насипна щільність золи біомаси залежить від фракції (Таблиця 1.3). Крім виду палива, вони залежать від розміру часток золи (Таблиця 1.4).

Таблиця 1.1. Розподіл фракцій золи для різних котлів та способів спалювання біомаси

Тип котла	Подова зола (%)	Летка зола (%)
спалювання в шарі	60-90	10-40
стокерна подача	40-50	50-60
пилове спалювання	10	90
циркулюючий киплячий шар (CFB)	10-20	80-90

Таблиця 1.2. Розподіл фракцій золи для деяких палив при шаровому спалюванні (%)

Зольна фракція	Кора	Деревна тріска	Тирса
Подова зола	65-85	60-90	20-30
Циклонна зола	10-25	10-30	50-70
Зола тонкої фільтрації	2-10	2-10	10-20

Таблиця 1.3. Середня густина частинок і об'ємна (насипна) щільність золи біомаси [4]

Зольна фракція	Середня густина частинок	Об'ємна (насипна) щільність	
		Середнє значення	Стандартне відхилення
	кг/м ³	кг/м ³	кг/м ³
Подова зола	2600 – 3000	950	200
Циклонна зола	2400 – 2700	650	120
Зола тонкої фільтрації	2300 – 2600	350	120

Таблиця 1.4. Вплив розміру часток золи на її насипну щільність [5]

Вид палива	Фракція золи	Розмір часток, мкм	Насипна щільність, кг/м ³
Тирса	Подова зола	10-30 000	662
	Циклонна зола	2-100	283
Подрібнена деревина	Подова зола	15-15 000	960
	Циклонна зола	2-160	430

Загалом, розміри частинок залежать від виду використовуваного палива, вмісту золи, хімічного складу золи та обсягу мінеральних домішок в паливі. Розміри частинок подової золи залежать від її спікання (**Рис. 1.2**), в той час як розміри частинок золи виносу залежать від використовуваної технології поділу золи виносу, а також від хімічного складу біопалива.

Щільність частинок зменшується у міру переходу від подовій золи до фільтраційної.

Однією з основних фізичних характеристик золи є температура її плавлення. Саме температура плавлення впливає на остаточний склад та агрегатний стан золи після спалювання біомаси чи будь-якого палива. Теплота згоряння палива теж є однією з вагомих фізичних характеристик, що впливає на кінцевий стан золи.



спікання золи (паливо-солома пшениці)



подова зола



летка зола

Рис. 1.2. Класифікація золи від спалювання біомаси

Загальний масовий вихід золи при спалюванні біомаси залежить від її зольності, що в свою чергу залежить від виду біомаси. Крім того, навіть для одного виду біомаси зольність може відрізнятись. Наприклад, стовбурова деревина дубу дає 0,35%, листя - 3,5% і кора - 7,2% золи. Деревина гілок містить золи більше, ніж деревина стовбура; наприклад, гілки берези і ялини дають при згорянні 0,64 і 0,32%, а стовбурова деревина - 0,16 і 0,17% золи.

Вищезазначені характеристики деяких видів біомаси наведені нижче (**Таблиця 1.5**).

Таблиця 1.5. Середні фізичні характеристики золи деяких видів біомаси (на суху масу)

Вид біомаси	Калорійність, МДж/кг	Вміст золи, %	Температура плавлення, °C
Листяна деревина	18,8	тріска з корою: 1,0-2,5 тріска без кори: 0,8-1,4 тирса: 0,5-1,1	1426
Хвойна деревина	18,4		1340
Кора	19,2	5,0-8,0	1440
Солома	17,2	4,0-7,0	998
Лушпиння соняшнику	16,8	3,0-4,0	960
Міскантус	17,6	2,0-5,0	973
Верба енергетична	18,4	1,0-2,5	1283
Виноградна тріска	19,8	2,0-3,0	1450

Нижче (Таблиця 1.6) наведено середній вміст основних хімічних елементів в золі різних видів біомаси, [6], [7], при цьому бралися до уваги показники загальної золи.

Таблиця 1.6. Типовий хімічний склад золи після спалювання деяких видів біомаси (% до маси сухої речовини)

Елемент	Тріска хвойних порід	Кора деревини хвойних порід	Солома зернових (пшениця, жито, ячмінь)	Лушпиння соняшнику
Ca	26,0–38,0	24,0–36,0	4,5–8,0	3,7
K	4,9–6,3	5,0–9,9	10,0–16,0	28,8
Mg	2,2–3,6	2,4–5,6	1,1–2,7	1,2
Na	0,3–0,5	0,5–0,7	0,2–1,0	0,8
P	0,8–1,9	1,0–1,9	0,2–6,7	0,3
Si	4,0–11,0	7,0–17,0	16,0–30,0	21,3
C _{org}	0,2–3,1	0,2–1,1	9,0–16,6	н/д

Основним фактором, що впливає на елементарний склад золи, є тип спалюваного матеріалу. Технологія спалювання є вторинним фактором, що впливає на якість золи. В залежності від різних факторів (вид біомаси, технологія спалювання), елементарний склад різних видів золи біомаси варіюється в дуже широких межах (Рис. 1.3 та Додаток 1).

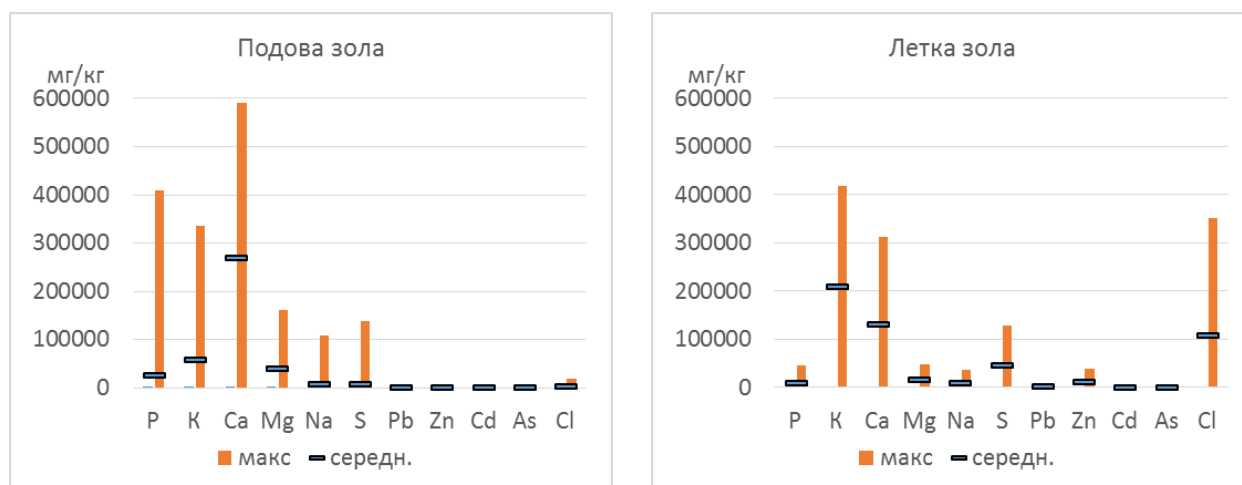


Рис. 1.3. Граничні та середні значення вмісту хімічних елементів в золі біомаси [8]

Порівняно з хімічним складом золи від спалювання вугілля, зола біомаси містить менше заліза, силікатів, натрію та сірки, але більшу кількість калію, мангану та барію [9].

Характерно, що найбільш важливі з екологічної точки зору важкі метали (Zn та Cd) в основному містяться в леткій золі (**Таблиця 1.7**), в той час як поживні елементи (K, Mg та P) та вапняні складові (Ca) в основному попадають в подову золу. Деревна зола найбільш багата кальцієм, а зола трав'янистих рослин містить велику кількість калію. Причиною вищого вмісту цинку та кадмію в леткій золі порівняно з подовою полягає в тому, що ці елементи в процесі спалювання випаровуються та осідають на частках леткої золи у вигляді аерозолів.

Таблиця 1.7. Приклад розподілу вмісту важких металів у зольних фракціях [10]

Вміст елементів, мг/кг сухої речовини	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni	Hg	As
Подова зола	1	22	500	40	100	45	0.03	3
Летка зола	9	85	1150	70	130	62	0.23	4

Калій, фосфор та кальцій, що є найбільш важливими сполуками з точки зору використання золи як добрива, містяться в ній в основному у вигляді оксидів K_2O , P_2O_5 , CaO (див. пункт 4.2).

1.2. Оцінка обсягів утворення золи від енергетичного використання біомаси в Україні

Станом на кінець 2019 – початок 2020 року загальна встановлена теплова потужність теплогенеруючого обладнання на біомасі в Україні становила орієнтовно 4 ГВт, без урахування індивідуальних котлів, встановлених у населення. Загальну кількість золи, що утворюється від енергетичного використання біомаси, можна приблизно оцінити за кількістю використаної біомаси та середніх значень зольності окремих її видів.

На **Рис. 1.4** показано орієнтовні обсяги утворення подової золи в опалювальних котельнях на різних видах палива в залежності від їх максимальної необхідної теплової потужності, за умови тривалості опалювального сезону 170 діб.

На основі аналізу даних Держстату по використанню різних видів палив за 2018 рік та з урахуванням припущень щодо характеристик палива, оцінено загальну кількість золи, утвореної в Україні від спалювання біомаси (**Таблиця 1.8**). При цьому, було враховано орієнтовний розподіл використаного палива між населенням та підприємствами і організаціями. Як частку використання паливної біомаси населенням було прийнято частку кожного з видів палива, що припала на кінцеве споживання.

Таким чином, на основі проведеного аналізу можна припустити, що різні підприємства та організації в Україні, що споживають паливну біомасу, генерують близько **84,4 тис. тонн** золи. Враховуючи, що в основному використовується шарове спалювання біомаси, можна очікувати, що 75% становить подова зола, і 25% - летка зола, при цьому 3-5% золи вловлюється циклонами та іншими системами очищення димових газів, оскільки такими системами обладнані лише великі установки. Таким чином, потребує утилізації чи розміщення на звалищах близько 80% всього обсягу золи, що утворюється при спалюванні біомаси.

Виходячи з цього, можна припустити, що в 2018 році потребувало утилізації **близько 67,5 тис. тонн золи біомаси**, не враховуючи тієї, що утворюється в індивідуальному опаленні у населення.

За різними оцінками, щороку в Україні лише на ТЕС утворюється від 6 до 15 млн тонн золошлакових відходів. За даними Держстату, в 2018 році сумарна кількість відходів за найменуваннями «шлак паливний» та «пил зольний вугільний» становила **6,2 млн тонн [11]**. Таким чином, на даний час обсяги щорічного утворення золи біомаси становлять близько 1% від щорічних обсягів утворення золошлакових відходів ТЕС.

В майбутньому, по мірі зміни співвідношень використання біомаси та вугілля в тепловій та електричній генерації, змінюватиметься і співвідношення утворення золи біомаси та вугілля. Якщо враховувати перспективи розвитку біоенергетики в Україні до 2035 року [12], за період з 2018 до 2035 року споживання твердих біопалив має зрости з 2,8 до 9,9 млн тне, тобто в 3,5 разів. Враховуючи, що основним резервом зростання енергетичного використання біомаси є солома та інші аграрні залишки, а також енергетичні культури, середня зольність паливної біомаси зростає в 1,5-2 рази. Крім того, внаслідок підвищення технічного рівня енергетичних установок на біомасі та посилення екологічних вимог, може зрости частка легкої золи біомаси, що уловлюється циклонами та фільтрами. Таким чином, кількість золи порівняно з 2018 роком може зрости в 5-8 разів, і в 2035 році в промисловості та енергетиці утвориться і потребуватиме утилізації **до 550 тис. тонн золи біомаси**. Враховуючи перспективи скорочення вугільної тепло- та електрогенерації, зокрема можливе її припинення в електроенергетиці до 2050 року [13], зола біомаси в майбутньому може стати одним з основних джерел твердих відходів в енергетичному секторі.

Таблиця 1.8. Оцінка кількості золи від спалювання біомаси в Україні в 2018 році

Види палива	Викорис- тано всього	Корисне використання (крім неенергетичних цілей та втрат)	Те ж, в тоннах	Воло- гість, %	Зольність, % на суху масу	Частка використання, %		Вихід золи, з урахуванням недопалу 10%, т		
						населен- ням	підприємства- ми та організаціями	Всього	населен- ня	підприємст- ва та організації
Вугілля деревне, т	908	905	905	10	1,5	22,1	77,9	12	3	10
Паливні брикети та гранули з деревини та іншої природної сировини, т	424177	390748	390748	12	3,5	13,7	86,3	13 239	1 813	11 426
Дрова для опалення, щільн.м ³	4187042	4163795	2914657	30	1,5	59,3	40,7	33 664	19 953	13 711
Стружка і тріска деревні, т	934442	932933	932933	40	1,5	8,4	91,6	9 236	775	8 461
Інше тверде біопаливо рослинного походження, т	1200001	1163490	1163490	15	5	6,7	93,3	54 393	3 639	50 754
ВСЬОГО, т								110 544	26 183	84 361

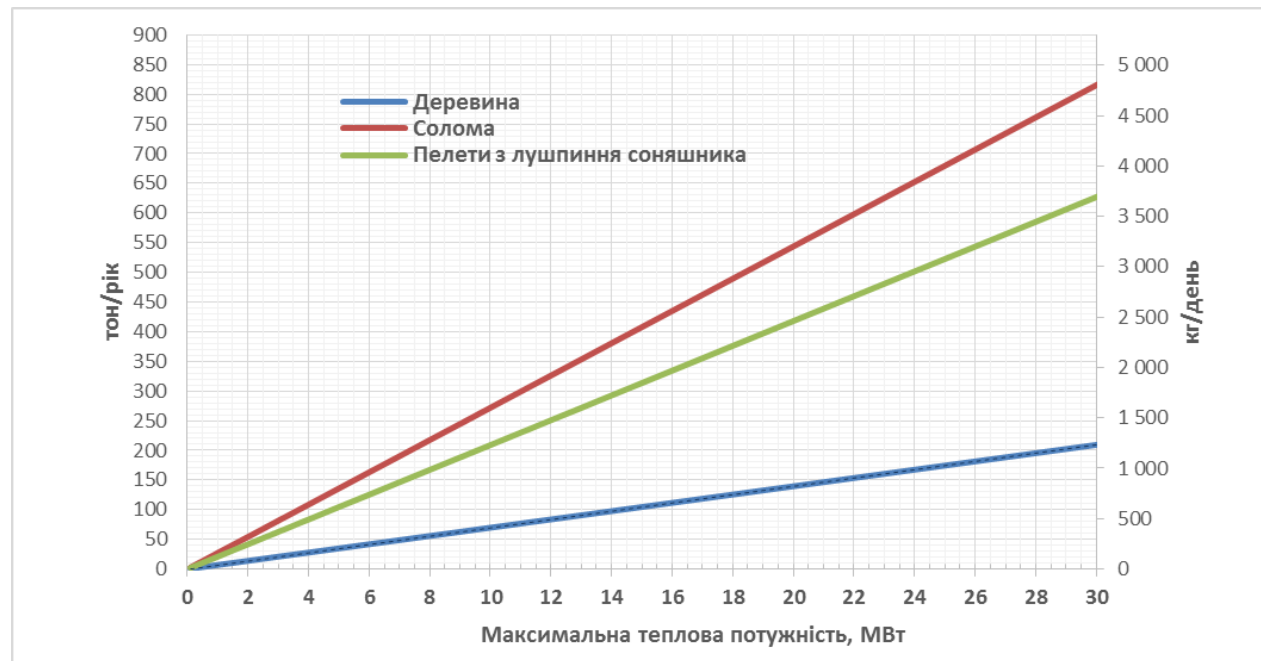


Рис. 1.4. Утворення подової золи в опалювальних котельнях

2. Існуюча практика поводження із золою від енергетичного використання біомаси в Україні та за кордоном

2.1. Законодавчі вимоги в Україні щодо поводження із золою

2.1.1. Загальні положення

На даний час в українському законодавстві немає обов'язкових вимог щодо повторного корисного використання золи від теплогенеруючих установок на біомасі.

Відповідно до Закону України «Про відходи» від 05.03.1998 № 187, «...**відходи** – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворилися у процесі виробництва чи споживання, а також товари (продукція), що повністю або частково втратили свої споживчі властивості і **не мають подальшого використання за місцем їх утворення чи виявлення і від яких їх власник позбувається**, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення». Також цей закон встановлює вимоги щодо класифікації відходів, їх паспортизації, обліку та звітування. **Всі види відходів при паспортизації та первинному обліку мають бути віднесені до класів** відповідно до Державного класифікатора України «ДК 005-96. Класифікатор відходів» [14]. Згідно даного класифікатора, **до відходів належать** новоутворені речовини та їх суміші, утворені в термічних, хімічних та інших процесах і які не є метою даного виробництва (**шлак, зола**, кубові залишки, інші тверді та пастоподібні утворення, а також рідини та аерозолі).

За існуючою практикою, золу біомаси в основному відносять до відходів за **групою 90** (Відходи вторинні від надання послуг зі збирання, видалення та оброблення відходів). При цьому, для золи біомаси відповідно до класу застосовують такі коди:

- **9010.2.9.01** – Залишок нелеткий та шлак
- **9010.2.9.04** – Зола летка

Також зустрічаються випадки віднесення золи біомаси до **групи 40** (відходи виробництва і розподілу енергії електричної, газу, пари та води гарячої) та присвоєння їй таких кодів:

- **4010.2.3.04** – Відходи тверді процесу очищення газів топкових інші (зола, вловлена циклонами та фільтрами на виході із котла)
- **4010.2.8.01** – Шлак паливний (власне зола із топки котла – подова зола)

Згідно вищезазначеного закону, небезпечні відходи – відходи, що мають такі фізичні, хімічні, біологічні чи інші небезпечні властивості, які створюють або можуть створити значну небезпеку для навколишнього природного середовища і здоров'я людини та які потребують спеціальних методів і засобів поводження з ними. Встановлено 4 класи небезпеки відходів. Відповідно до існуючої практики¹, **подова зола відноситься до 4 класу** – «речовини малонебезпечні», **а летка зола – до 4 або 3 класу** «речовини помірно небезпечні».

Кінцевим результатом поводження з відходами можуть бути їх:

- **утилізація** - використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів;
- **видалення** - здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації;

¹ З 1 січня 2019 року відмінено ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», за яким визначались класи небезпеки, а іншого документа, що виконував би аналогічні функції, не визначено. Тому в цьому питанні на даний час існує невизначеність.

- **захоронення** - остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

В залежності від кількості відходів, що утворюються на підприємстві, суб'єктам господарської діяльності у сфері поводження з відходами, діяльність яких призводить виключно до утворення відходів, встановлюються **ліміти на утворення та розміщення відходів**, може вимагатись отримання **дозволу** на здійснення операцій у сфері поводження з відходами та подання **щорічних декларацій** про відходи.

На кожне місце чи об'єкт зберігання або видалення відходів складається спеціальний **паспорт**, в якому зазначаються найменування та код відходів (згідно з державним класифікатором відходів), їх кількісний та якісний склад, походження, а також технічні характеристики місць чи об'єктів зберігання чи видалення і відомості про методи контролю та безпечної експлуатації цих місць чи об'єктів.

Стаття 40 Закону України про відходи передбачає **заходи стимулювання щодо утилізації відходів та зменшення обсягів їх утворення суб'єктам господарської діяльності**, які впроваджують технології, спрямовані на зменшення обсягів утворення відходів, утилізують відходи в процесі виробництва продукції (виконання робіт, надання послуг), здійснюють їх збирання і заготівлю, будівництво підприємств і цехів, а також організують виробництво устаткування для утилізації відходів, беруть пайову участь у фінансуванні заходів щодо утилізації відходів та зменшення обсягів їх утворення.

Заходи стимулювання передбачають: пільги щодо оподаткування прибутку від реалізації продукції, виготовленої з використанням відходів; пріоритетне державне кредитування; спеціальні державні субсидії на зменшення відсотків за банківські кредити, пов'язані з інвестиціями, що спрямовуються на утилізацію відходів і виготовлення відповідного устаткування; дотації з Державного бюджету України і місцевих бюджетів для перевезення відходів (вторинної сировини) чи напівфабрикатів, одержаних з цих відходів; інформування щодо технологічних можливостей утилізації відходів; дотації з фондів охорони навколишнього природного середовища та інших джерел; пільги щодо поповнення обігових коштів підприємств, що здійснюють збирання і заготівлю, оброблення (перероблення) і утилізацію відходів як вторинної сировини, за умови цільового використання цих коштів для придбання та переробки таких відходів.

Проте, основним шляхом поводження із золою в Україні є захоронення на полігонах або незаконне вивезення в не передбачені для цього місця.

2.1.2. Вимоги щодо зберігання золи

Відповідно до ДСТУ 4462.3.01:2006 «Охорона природи. Поводження з відходами. Порядок здійснення операції», **зберігання відходів** – як їх тимчасове розміщення на території підприємств, установ, організацій (далі - підприємств) може мати такий характер:

- **технологічно обумовлене** — зберігання у виробничих приміщеннях (цехах, дільницях, допоміжних спорудах при них тощо), що **пов'язане з їх первинним збиранням і накопичуванням**;
- **проміжне** (перед остаточним видаленням чи утилізацією) зберігання — на промислових площадках, у стаціонарних і нестаціонарних складських приміщеннях, під тимчасовим накриттям тощо.

Помірно небезпечні відходи (III класу) збирають у тару, яка забезпечує їх локалізацію, зокрема відкриту (якщо немає іншого рішення, узгодженого в установленому порядку), що дає змогу

виконувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи, унеможлиблює негативний вплив на здоров'я людей, поширення у довкілля шкідливих речовин. Зберігають такі відходи у відкритій чи закритій тарі (ящиках, мішках, пакетах тощо).

Малонебезпечні відходи (IV класу) збирають у відкриту тару або у вигляді конусоподібної купи в умовах, що дають змогу виконувати вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи. Зазначені відходи можуть бути **об'єднані з комунальними** (побутовими) відходами в місцях розміщування останніх або використані як ізолюючий матеріал, а також для різних робіт у разі планування території без негативних наслідків для довкілля та здоров'я людей. **Такі відходи можна зберігати відкрито — навалом, насипом.**

Для збирання і тимчасового накопичування відходів на підприємствах, в цехах, на дільницях повинні бути відведені і обладнані **відповідні майданчики**, встановлена промаркована тара, відсіки, бункери тощо з чітким позначанням виду відходів, групи, ступеня (класу) небезпеки, (зокрема за токсичністю), марки. Конструкція та розміри тари повинні забезпечувати **легку заповнюваність та відвантаження відходів і унеможливлувати їх змішування, а також забруднення і псування відходів**, які можна використовувати як вторинну сировину.

Зберігання помірно- та малонебезпечних відходів (III—IV класів) на території промислових майданчиків **у відкритому вигляді** (навалом, насипом, у відкритій тарі тощо) дозволено у разі дотримання таких вимог:

- **концентрація шкідливих речовин** у повітрі на висоті до 2-х метрів від поверхні землі, у ґрунті санітарно-захисної зони, обумовлена міграцією токсичних інгредієнтів відходів, а також в поверхневих водах не повинна перевищувати встановлених нормативів;
- **територія** промислової площадки повинна бути розміщена з підвітряного боку, **мати покрив** з непроникливого для токсичних речовин матеріалу та бути обладнана автономним водовідводом. Потрапляння поверхневого стоку з площадки в загальний водовідвід повинно бути вилучене за рахунок **обваловування** й інших заходів. Для зазначеного стоку необхідні спеціальні **очисні споруди**, що забезпечують уловлювання і знешкоджування токсичних речовин;
- зберігають відходи в умовах **захисту їх від впливу атмосферних осадів і вітру.**

Зазначені вимоги не поширюються на спеціально обладнані місця (об'єкти) видалення відходів (шламонакопичувачі, шлаковідвали тощо), побудовані за відповідними проектами. **Місця (об'єкти) довгострокового зберігання відходів (більше 2-х років) прирівнюються до місць їх видалення** і на них поширюються відповідні вимоги щодо ведення моніторингу, контролю та складання паспортів місць видалення відходів.

Згідно чинного ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», умови розміщення золовідвалів і визначення розмірів майданчиків для них треба передбачати за нормами для котельних установок. В свою чергу, ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» вказує, що золошлаковідвали допускається розташовувати за межами майданчика котельні. При неможливості використання золи і шлаку для потреб будівництва і будівельної індустрії, **золошлаковідвали потрібно проектувати, якщо розміри майданчика під шлаковідвал дозволяють експлуатувати котельню протягом не менше 25 років**, з виділенням першої черги будівництва, розрахованої на експлуатацію котельні протягом 10 років. При цьому золошлаковідвали розміщують поблизу території котельні, використовуючи, за можливості, непридатні для сільського господарства земельні ділянки, низини, яри, заболочені місця, вироблені кар'єри, що підлягають благоустрою, з урахуванням перспективного розвитку району будівництва та забезпечуючи захист водоймищ від можливого винесення золи і шлаку дощовими або паводковими водами.

Таким чином, проектування спеціальних місць для постійного зберігання золи і шлаку необхідне тільки для випадку, коли не проводиться їх регулярне вивезення для корисної утилізації.

2.1.3. Можливості утилізації

Утилізація спрямована на повну або часткову заміну традиційних сировини, матеріалів і палива відходами; вилучення з них інших компонентів; застосування відходів у якості шихтових матеріалів, напівфабрикатів тощо.

На даний час українське законодавство не містить обов'язкових вимог утилізації золи від теплогенеруючих установок, в тому числі золи від спалювання біомаси. Також немає точних даних про ступінь практичного застосування золи в будівельній чи інших галузях промисловості. В Україні розроблено ряд державних стандартів, що передбачають використання золи-виносу та золи від гідралічного золовидалення як компонента цементних сумішей, бетонів та матеріалів для дорожнього покриття (див. Додаток 2). Але під золою-виносу чи гідралічного золовидалення мається на увазі виключно зола від спалювання вугілля на ТЕС. Як результат гармонізації українського законодавства із законодавством ЄС, деякі стандарти допускають використання золи за стандартом ЄС, проте це також зола від пилового спалювання вугілля або сумісного спалювання вугілля з іншими матеріалами.

Певний внесок в зміну ситуації щодо використання золи могла б зробити схвалена в 2017 році Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року [15]. Стратегія має на меті впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному та регіональному рівнях, зменшення обсягів утворення відходів шляхом збільшення обсягу їх переробки та повторного використання. Її реалізація планувалась за трьома етапами: перший - 2017-2018 роки, другий - 2019-2023 роки, третій - 2024-2030 роки. Очікується, що реалізація Стратегії сприятиме впровадженню системи управління відходами на інноваційних засадах; розробленню відповідного законодавства; покращенню стану навколишнього природного середовища, а також санітарного та епідемічного благополуччя населення. Також планується залучення інвестицій у сферу поводження з відходами, а відтак створення сучасної інфраструктури, запровадження новітніх технологій, зменшення обсягів їх захоронення на полігонах тощо.

2.1.4. Вивезення золи на полігони ТПВ

Відходи, які відносяться до 4 класу небезпеки (в тому числі зола) можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи, звідки їх автотранспортом перевантажують у самоскидний автотранспорт і доставляють на місце утилізації або захоронення.

За розміщення відходів сплачується відповідний податок (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1. Ставки податку за розміщення відходів, які встановлюються залежно від класу небезпеки та рівня небезпечності відходів [16]

Клас небезпеки відходів	Рівень небезпечності відходів	Ставка податку, гривень за 1 тону
I	надзвичайно небезпечні	1405,65
II	високонебезпечні	51,2
III	помірно небезпечні	12,84
IV	малонебезпечні	5

малонебезпечні нетоксичні відходи гірничодобувної промисловості	0,49
Коефіцієнт до ставок податку, який встановлюється залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі	
Місце (зона) розміщення відходів	Коефіцієнт
В межах населеного пункту або на відстані менш як 3 км від таких меж	3
На відстані від 3 км і більше від меж населеного пункту	1

Варто зазначити, що за розміщення відходів, на які не встановлено клас небезпеки, застосовується ставка податку, **встановлена за розміщення відходів I класу небезпеки**.

Згідно ДБН В.2.4.2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування», на полігони ТПВ приймають тверді побутові відходи з житлових і громадських будинків, установ, підприємств торгівлі та громадського харчування, а також вуличне, садово-паркове, будівельне сміття і деякі види твердих інертних відходів за відповідним обґрунтуванням, а також **промислові відходи III – IV класів небезпеки (в тому числі шлаки котельних та ТЕЦ) з дозволу місцевих органів** санітарно-епідеміологічної та екологічної служб та пожежної інспекції. Промислові відходи IV класу небезпеки **можуть використовуватись на полігоні твердих побутових відходів як ізолюючий матеріал**. Дрібнозернисті промислові відходи (IV класу небезпеки) з розміром зерна не більше 0,5 мм, **можна застосовувати на полігонах ТПВ для захисту штучної гідроізоляції від механічних ушкоджень**.

Наскільки суттєво плата за розміщення відходів може впливати на **економіку виробництва теплової енергії з біомаси**? Якщо припустити, що з 1 тонни золи 70% є відходом четвертої категорії, а 30% -третьої, плата за розміщення цієї золи на відстані більше 3 км від межі населеного пункту становитиме 7 гривень. Перевезення ж 1 тонни золи (наприклад вантажівкою 3 тонни, на 15 км, за розцінкою 20 грн/км), коштуватиме 100 грн, або майже в 14 разів більше. Якщо з 1 тонни паливної біомаси утворюється 50 кг золи, вартість її видалення на звалище в перерахунку на паливну біомасу **еквівалентна збільшенню ціни 1 тонни палива на 5-6 грн (або на 0,15-1%)**.

2.2. Отримання дозволу на використання золи у якості добрива

Згідно Закону України «Про ліцензування видів господарської діяльності» [17] виробництво агрохімікатів не входить до списку видів ліцензованої діяльності, тобто їх виробництво **не потребує отримання ліцензії**.

Закон України «Про пестициди та агрохімікати» визначає наступні основні вимоги до препаратів:

- **висока біологічна ефективність щодо цільового призначення;**
- **безпечність для здоров'я людини та навколишнього природного середовища за умови дотримання регламентів їх застосування;**
- **відповідність державним стандартам, санітарним нормам та іншим нормативним документам.**

Також цим законом встановлюються вимоги щодо застосування пестицидів та агрохімікатів, а саме:

- **заборона ввезення на митну територію України, виробництва, торгівлі, застосування та рекламування пестицидів і агрохімікатів до їх державної реєстрації,** крім випадків, встановлених цим Законом;

- необхідність внесення Мінприроди інформації про реєстрацію даного препарату до єдиного державного інформаційного веб-порталу "Єдине вікно для міжнародної торгівлі";
- **можливість застосування препарату без державної реєстрації**, якщо він зазначений у відповідному **переліку**, що є додатком до Закону (зола біомаси до цього переліку не входить)²;
- загальний порядок проведення державних випробувань пестицидів і агрохімікатів.

Державні випробування пестицидів і агрохімікатів вітчизняного та іноземного виробництва проводяться з метою біологічної, токсиколого-гігієнічної та екологічної оцінки і розроблення регламентів їх застосування. Проводити випробування мають право підприємства та організації, уповноважені Мінприроди та внесені у відповідний **Перелік** [18].

Державні випробування пестицидів і агрохімікатів проводяться у два етапи: польові і виробничі.

Метою польових випробувань є **встановлення або підтвердження біологічної ефективності нових пестицидів і агрохімікатів порівняно з тими, що застосовуються**, розроблення тимчасових регламентів їх застосування та поглиблене вивчення препаративних форм.

Виробничі випробування проводяться з метою **підтвердження біологічної ефективності** пестицидів і агрохімікатів **у різних зонах України**, уточнення та обґрунтування регламентів і способів їх застосування, санітарно-гігієнічних і екологічних нормативів, розроблення та модифікації методик визначення залишкових кількостей цих пестицидів і агрохімікатів та їх небезпечних метаболітів.

Затверджений **Порядок проведення випробувань** [19] визначає відповідну процедуру, основні стадії якої перелічені нижче:

- Розроблення **проекту ТУ** препарату та подача пакету документів для включення препарату до плану державних випробувань.
- **Експертиза** поданих документів в Держпродспоживслужбі, визначення необхідних обсягів досліджень та організацій, що проводитимуть випробування.
- Включення препарату до **плану державних випробувань**, затвердження плану випробувань.
- Виготовлення дослідних партій препарату в обсягах, необхідних для випробувань.
- Проведення державних випробувань препаратів з новою діючою речовиною протягом **двох повних вегетаційних періодів**. За результатами польових випробувань Мінприроди визначає обсяги проведення державних випробувань, а у разі **невстановлення або непідтвердження біологічної ефективності нового препарату порівняно з тими, що вже застосовуються**, приймає рішення про зняття препарату з подальших державних випробувань.
- Під час проведення державних випробувань препаратів установами МОЗ дається **токсиколого-гігієнічна оцінка** препарату та умов його застосування, розробляються необхідні гігієнічні нормативи та регламенти.
- Реєстрація діючої речовини у Комітеті з питань гігієнічного регламентування МОЗ.
- Подання пакету документів для державної реєстрації препарату, в тому числі звіту про результати державних випробувань.

² Якщо вдасться якимось чином довести, що отримана зола є одним із видів добрива, зазначеним у переліку, то така зола може бути використана у сільському господарстві без проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації.

- Проведення **санітарно-гігієнічної експертизи** (Держпродспоживслужба), та еколого-експертної оцінки матеріалів, поданих для реєстрації пестицидів та агрохімікатів (Мінприроди).
- Затвердження результатів державної санітарно-гігієнічної експертизи та еколого-експертної оцінки матеріалів, поданих для реєстрації.
- Розгляд результатів експертизи та реєстраційних документів незалежними експертами науково-експертної ради, утвореної при Мінприроди, розроблення пропозицій та рекомендацій про можливість проведення державної реєстрації препарату.
- Також рекомендації щодо реєстрації препарату у зв'язку з його біологічною та господарською ефективністю надаються інститутом - виконавцем державних випробувань та затверджуються його вченою радою.
- У разі позитивних результатів експертиз та рекомендацій науково-експертної ради, Мінприроди приймає **рішення про державну реєстрацію препарату**. Негативний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи, негативна еколого-експертна оцінка матеріалів, поданих для реєстрації пестицидів та агрохімікатів є підставою прийняття рішення про відмову у реєстрації.
- Препарат **заноситься до Державного реєстру** пестицидів і агрохімікатів.
- Рішення про державну реєстрацію препарату набуває чинності з моменту внесення препарату до Державного реєстру препаратів та втрачає чинність в кінці року (31 грудня), визначеного терміном реєстрації.

Розмір оплати за проведення реєстрації препаратів визначається відповідним Наказом [20].

Загалом, **процедура випробувань та реєстрації нових пестицидів та агрохімікатів є досить тривалою** (з урахуванням польових випробувань – не менше 2-х років).

Існують певні можливості використання золи в **органічному виробництві**. Органічне виробництво – це цілісна система господарювання та виробництва харчових продуктів, яка поєднує в собі найкращі практики з огляду на збереження довкілля, рівень біологічного розмаїття, збереження природних ресурсів, застосування високих стандартів належного утримання (добробуту) тварин та метод виробництва, який відповідає певним вимогам до продуктів, виготовлених з використанням речовин та процесів природного походження. До останнього часу в Україні не було дієвого законодавства щодо органічного виробництва, в тому числі вимог щодо його сертифікації. Процес сертифікації земель та господарств проводився недержавними установами³ згідно з вимогами Постанови Ради ЄС 834/2007, що містить правила та вимоги до органічного виробництва та діє на території країн всього ЄС. В останній час в Україні прийнято Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [21], також вже прийнято та готується до прийняття ряд підзаконних актів.

Характерною особливістю органічного виробництва є **обмеження використання хімічних речовин штучного походження**. Ведення сільського господарства із застосуванням органічних технологій має на меті **підтримання природної родючості ґрунту**. Живлення рослин в основному повинно проходити через ґрунтову екосистему. Відходи та побічні продукти рослинного й тваринного походження повинні перероблятися для подальшого живлення рослин. **Використання добрив та невідновлюваних джерел живлення рослин повинно бути мінімізоване**. Лише в тому випадку, коли ці заходи виявилися недостатніми, можуть бути використані відповідні добрива. Їх вибір – чітко обмежений, а використання обов'язково повинно бути задокументоване.

Згідно проекту «**Переліку речовин** (інгредієнтів, компонентів), що дозволяється використовувати у процесі органічного виробництва та які дозволені до використання у гранично

³ Наприклад, ТОВ «Органік стандарт» <http://www.organicstandard.com.ua/>.

допустимих кількостях» [22], дозволяється використання **попелу деревини**, якщо після зрубування вона не зазнавала хімічної обробки. Щоправда, можливість використання попелу від спалювання **інших видів рослинної сировини** в проекті переліку не згадується.

Але слід мати на увазі наступне: закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» встановлює, що вищезгаданий перелік речовин, що дозволяється використовувати у процесі органічного виробництва, формується **виключно з речовин (інгредієнтів, компонентів), використання яких дозволено у сільському господарстві**. Тобто, процедура реєстрації згідно положень закону України «Про пестициди та агрохімікати» все одно потрібна.

2.3. Існуюча в Україні практика поводження із золою

Окрім вивезення на полігони ТПВ, відомо про використання золи від спалювання біомаси як добрива. **В основному, зола знаходить використання як добриво на присадибних ділянках населення**. Використовується зола, утворена від спалювання біомаси у власних пічках чи котлах. Також відомо досить багато випадків, коли **населення розбирає золу біомаси з найближчих котельних, як правило, безоплатно**.

Також є **приклади комерціалізації використання золи біомаси як добрива**. Деякі виробники пропонують золу біомаси на продаж, фасовану в пакети чи біг-беги, іноді у суміші з іншими компонентами, наприклад з компостом чи вапном.

Серед таких препаратів, до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [23] внесено:

- «Екоплант (зола соняшника)» від компанії ТОВ «ОРІЙ», Україна, визначений як мінеральне добриво (склад: P_2O_5 -7,66%, K_2O -49,29%, MgO -10,03%, CaO -12,26%), для застосування при вирощуванні картоплі.
- «Екосойл» від компанії ТОВ «Лігнін», Україна, визначений як комплексне мінеральне добриво рослинного походження (склад: калію (K_2O) – не менше 20,0 %, фосфору (P_2O_5) – не менше 5,0 %, магнію (Mg) – не менше 5,5 %, кальцію (Ca) – не менше 8,0 %, загальна доля сірки (S) – не менше 3,5 %. Основні мікроелементи: залізо (Fe) – не менше 1340 мг/кг; цинк (Zn) - не менше 300 мг/кг; мідь (Cu) – не менше 240 мг/кг; марганець (Mn) – не менше 200 мг/кг; молібден (Mo) – не менше 1,5 мг/кг; кобальт (Co) – 0,37 мг/кг. Масова доля води – не більше 9,0 %. Масова частка калію в перерахунку (K_2O) – 34,34 %), для використання в рослинництві, овочівництві, садівництві, декоративному господарстві.

Ряд виробників пропонують препарати, не внесені до державного реєстру, наприклад:

- Деревна зола «ТМ AGRO-X» [24] в упаковках по 1 кг, діючі речовини: калій, фосфор, кальцій, магній, залізо, сірка, цинк, бор. Призначення- добриво для овочівництва.
- «Попіл дерева» [25] від компанії «Вуд Фуел», в упаковках по 0,5 кг, як добриво для овочівництва.
- «Попіл дерева» [26] від ПП ОВІ, склад: фосфор Р-7%, калій К-24%, кальцій Са-18%, магній Mg-12%, інші мікроелементи, як дбриво для овочівництва та квітникарства.
- «Зола деревна просіяна» [27] від ТМ OGOROD, в пакетах с Zip-lock замком, по 1 л, як добриво для овочівництва та садівництва.
- «Зола гречана» [28] від ПП Харитонов, склад: Р-6,8%, К-35%, Са-18%, Mg-12% + мікроелементи, в упаковці 1 кг, як дбриво для овочівництва та садівництва.

- Добриво «ПраймЕко» на основі золи соняшника [29], в упаковках біг-бег по 1 т та поліетиленових пакетах від 2,5 до 40 кг. Основні складові: КАЛІЙ (K) – 28-38%*, кальцій (Ca) – 11-13%, ФОСФОР (P) – 4-8%*, магній (Mg) – 6-9%, сірка (S) – 3-6%. Використовується на будь-якому ґрунті, під усі сільськогосподарські культури та в садівництві.
- «Попіл соняшника» [30], виробник ФОП Островерхий, в упаковках по 1 кг, склад: фосфор – 6-7%, калій – 24-30%, кальцій – 18-28%, як добриво для овочівництва.
- «Попіл соняшника» [31], виробник «Агро Світ», в упаковках по 2 л, як універсальне органічно-мінеральне добриво.
- «Попіл соняшника» [32], виробник «Дім Сад Город», в упаковках по 1 л, як універсальне органічно-мінеральне добриво.
- «Попіл соняшника» [33], «Попіл соняшника+вапно» [34], виробник «Агроопт+», в упаковках по 2 кг, (склад: фосфор – 6-7%, калій – 24-30%, кальцій – 18-28%, магній, залізо, бор, марганець, сірка, цинк, молібден) як добриво для овочевих і плодово-ягідних культур.
- Попіл соняшника в біг-бегах по 300 кг від ТОВ «Енергоспеціаліст Комфорт», за ціною 800 грн/тонна. Склад: (P₂O₅) – 6,8%, (K₂O) – 35,2%. Компанія побудувала та експлуатує **опалювальну котельню** в м. Запоріжжя встановленою тепловою потужністю **12 МВт на пелетах з лушпиння соняшника**.
- «Попіл соняшника» -інші пропозиції (до 10 виробників). Є пропозиції по ціні 1000 грн/т з доставкою.
- Попіл від спалювання деревини [35] (хвойних, м'яколистяних та твердих порід), а також від спалювання пелети з соняшника-приватна об'ява. В наявності 30-40 тонн, ціна 2,2 грн/кг.
- Компанія Nikaprom Group [36] (м. Дніпро) закуповує золу від спалювання соломи та інших агровідходів та реалізує як добриво.
- Приватні об'яви про купівлю-продаж золи різних видів біомаси- див. <https://flagma.ua/zola-so253420-1.html>.

Звертає на себе увагу **велика пропозиція добрив на основі золи соняшника**. Враховуючи, що побічна продукція вирощування соняшника (стебла, кошики, тощо) використовується як паливо дуже обмежено, можна припустити, що джерелом сировини для виробництва таких добрив є зола, що утворюється на підприємствах олійної галузі від спалювання лушпиння соняшника. Через порівняно велику теплову потужність теплогенеруючого обладнання та майже цілорічний режим роботи підприємств олійної галузі, використовується велика кількість лушпиння соняшника та відповідно, утворюється значна кількість золи, причому, сконцентрованої в одному місці, що полегшує логістику.

В майбутньому пропозиція золи соняшника як добрива може зрости, оскільки на ряді підприємств олійної галузі планується спорудження нових ТЕЦ (наприклад, зводи компанії Kernel). Також, компанія «Потоки» розпочала будівництво власної теплоелектростанції на олійно-екстракційному заводі в Дніпрі [37]. Паливом буде служити лушпиння соняшника, а зола використовуватиметься як добриво.

Але не тільки підприємства олійної галузі прагнуть реалізовувати золу як добриво.

Так, на підприємстві «Смілаенергопромтранс» (ТЕЦ на біомасі в м. Сміла, Черкаської обл.) проведена робота з підготовки технічних умов на комплексне органомінеральне мікродобриво «Попілогумат». Зазначається, що дане мікродобриво – високоефективне гумінове добриво з мікроелементами в хелатній формі, що мають властивості стимулятора росту рослин та є антидепресантами практично для всіх сільськогосподарських культур. Мікродобриво можна використовувати для комплексних обробок сільськогосподарських рослин, починаючи від обробки посівного матеріалу і подальшої обробки вегетуючих рослин. Допускається використання в суміші з

більшістю добрив, біопрепаратів і регуляторів росту із синергетичним посиленням їх дії. Було отримано заключення Черкаського обласного державного проектно-технологічного центра охорони родючості ґрунтів і якості продукції щодо якості деревної золи (див. **Додаток 3**). Висновок зазначає **високий вміст фосфору та калію**. Зола має лужну реакцію, вміст мікроелементів та важких металів знаходиться у допустимих межах, отриманих іншими дослідниками. Враховуючи кислотність даного зразка (рН 14) можна рекомендувати використання золи в якості як добрива, так і хімічного меліоранта. При цьому необхідно звернути увагу на досить **високий вміст важких металів** (кадмію, марганцю та свинцю).

ТОВ «Хмельницька біопаливна електростанція», яка планується в Хмельницькій області, має планову електричну потужність близько 40 МВт та використовуватиме **солому зернових** як паливо. В 2018 році підприємство підготувало Технічні умови «Зола з рослинних залишків» та отримало Висновок санітарно-епідеміологічної експертизи, де зазначено, що зола відповідає встановленим медичним критеріям безпеки, за параметрами токсикометрії відповідає 4 класу небезпеки. Підприємство планує реалізовувати золу як добриво.

2.4. Зарубіжний досвід використання золи

Теорія і практика використання золи, в тому числі золи біомаси, свідчить про можливість її застосування в сільському господарстві, будівельній, енергетичній, металургійній галузях, тощо. Основними напрямками її застосування є такі:

Сільське і лісове господарство:

- сировина (джерело поживних речовин) для виробництва добрив, які будуть використовуватися на полях та в лісі;
- дослідницькі ділянки з вирощування та культивування нових видів рослин.

Будівельна промисловість:

- виробництво клінкеру цементу, зола використовується як домішок для підвищення вмісту магнію та піску;
- виробництво цегли, зола використовується в якості заміни піску;
- виробництво альтернативних сполучних матеріалів (полімери, тощо);
- виробництво синтетичних агрегатів холодного склеювання або спікання, зола використовується в якості заміни піску;
- виробництво неармованого збірного бетону.

Основні напрямки використання золи в деяких країнах показано нижче (**Таблиця 2.2**).

Таблиця 2.2. Напрямки утилізації золи біомаси в деяких країнах [38]

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)
Позначення: Так – застосовується в даній країні; Так (виділено 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.							

Зола може використовуватись як **будівельний матеріал**, який збільшує несучу здатність в дорожньому будівництві та сполучний матеріал для стабілізації ґрунту в дорожньому будівництві, де він замінює вапно в якості в'язучого елементу. В енергетиці зола використовується досить рідко на експериментальному рівні в якості засипного та допоміжного матеріалу в хімічній та електрохімічній обробці та як фільтраційний матеріал. В металургійній промисловості зола використовується як корисна присадка, завдяки наявності в своєму складі досить великої кількості фосфору, калію, магнію та інших хімічних елементів, що використовуються в процесі виготовлення чавунів та сталей.

В країнах ЄС важливого значення надають питанню **сталого використання біомаси**, що передбачає **повернення мінеральних речовин**, що міститься в золі біомаси, в їх природний цикл. З іншого боку, першочергове значення надається питанням **безпеки використання золи** для людини та навколишнього середовища, тому встановлюються відповідні обмеження, зокрема, щодо вмісту важких металів. При цьому спосіб утилізації золи має бути економічно вигідний або, принаймні, найменш витратний.

Що стосується використання золи біомаси як добрива в сільському чи лісовому господарстві, в деяких країнах встановлено вимоги не тільки щодо максимального вмісту важких металів, але й до мінімального вмісту основних поживних речовин, таких як калій, кальцій, магній, фосфор та азот (див. **Додаток 4**).

Як правило, **фільтраційна зола біомаси, а також зола від спалювання в киплячому чи циркуляційному киплячому шарі, не може застосовуватись як добриво** (остання-через високий вміст баластних речовин та відповідно, низький вміст поживних елементів).

Особливості використання золи як добрива в сільському чи лісовому господарстві окремих країн описано нижче.

Австрія

В Австрії діє **директива щодо утилізації золи біомаси в сільському господарстві**. Дозволяється використовувати золу, що отримується тільки при спалюванні **хімічно необробленого біопалива**. Фільтраційну золу збирають роздільно і утилізують після відповідної обробки. Максимальна доза внесення золи складає до 2 т/га в рік на полях та до 1,5 т/га на пасовищах та луках. Дозволяється **додавати золу в компост** (максимум до 2%). Загалом, використання золи в сільському господарстві незначне.

Данія

Використання золи в сільському господарстві як допоміжного добрива відповідає вимогам національного законодавства щодо біомаси, а також загальній тенденції щодо максимально можливої утилізації вторинної сировини. Найбільш розповсюдженим способом є **розкидання по полю з наступним заорюванням в ґрунт**. Діють певні **обмеження** щодо внесення золи в ґрунт: не більше 5 тонн/га за 5 років. Також обмежуються обсяги внесення в ґрунт ряду речовин, зокрема кадмію і фосфору. Щодо фосфору, діє обмеження в кількості 30 кг/га, як для сільського, так і лісового господарства.

Іншим способом використання є **додавання до компосту** з метою прискорення компостування. Згодом отриманий компост заорюється в ґрунт. Вважається, що це сприяє покращенню стану ґрунтів, збільшенню проникності поверхневого шару та кращому використанню потенціалу компосту як добрива.

Також дозволене використання золи як **добрива для лісового господарства**, проте цей спосіб використовується мало, оскільки Данія є в основному сільськогосподарською країною, в якій мало лісів експлуатуються з метою комерційної заготівлі деревини, а, отже, і втрата поживних речовин лісового ґрунту незначна.

Німеччина

В основному, використовується деревна зола як **добриво та розкислювач лісових ґрунтів**. Дозволено використання лише золи необробленої деревини, яка до того ж має відповідати національним законодавчим вимогам до добрив. Діють обмеження щодо вмісту важких металів відповідно до законів про захист ґрунтів та лісового господарства. Дозволяється додавання золи в компост (до 5%) з метою регулювання його кислотності.

В Баварії діють особливі правила використання золи. Так, суміш золи з доломітами застосовується для розкислення лісових ґрунтів. При цьому, діє дворівневий контроль: якості золи та якості золо-доломітової суміші.

Італія

В основному, зола біомаси розглядається як «особливі відходи», поводження з якими покладається на уповноважені підприємства. Головним чином така зола потрапляє на звалища або використовується в будівельній промисловості. Дозволяється використання в хімічній промисловості для виробництва добрив, а також золи від спалювання необробленої деревини в органічному землеробстві як добрива та покращувача ґрунту. Як правило, подова зола біомаси від великих котельних чи ТЕЦ використовується в промисловості або потрапляє на звалища. Зола від маленьких котельних та приватних котлів може вивозитись на полігони або використовуватись як добриво безпосередньо або як добавка до компосту. Частина золи вивозиться за межі країни.

Нідерланди

В країні немає спеціального законодавства щодо використання золи біомаси чи навіть саме деревної золи як добрива для лісового господарства, тому таке використання не дозволяється.

Використання золи біомаси як добрива в сільському господарстві дозволене **за умови відповідності національному законодавству щодо добрив**, особливо щодо вмісту важких металів. Особливістю є те, що розглядається не тільки абсолютний їх вміст, але й відносний щодо основного діючого компонента добрива. Оскільки в золі як правило немає основного компонента, а є кілька з найбільшим вмістом, відношення вмісту важких металів щодо одного з компонентів часто буває більшим за встановлену межу, і застосування золи не дозволяється.

Швеція

Деревну золу рекомендується застосовувати як **добриво в лісовому господарстві** після очищення від сторонніх домішок. При цьому діють вимоги щодо мінімального вмісту поживних речовин та максимального вмісту шкідливих елементів. Перед використанням, зола повинна бути **стабілізована** (шляхом додавання води, самозатвердіння або гранулювання), а її доза має визначатись відповідно до кислотності ґрунту. Як правило, застосовують дозу 2-3 тонни на гектар протягом ротацийного періоду (70 років).

Фінляндія

Дозволяється використання як **добрива в сільському господарстві** золи від деревини, сільськогосподарських рослин і торфу. Використання фільтраційної золи не дозволяється. Також обмежується вміст певних мікроелементів та важких металів, особливо кадмію. Діють обмеження стосовно мінімального вмісту поживних речовин: для сільськогосподарського використання не менше 2% (P+K) та не менше 8% Ca; для лісового добрива не менше 1% (P+K), не менше 6% Ca та не більше 2% хлору.

Канада

Різні провінції Канади мають різні законодавчі вимоги щодо використання золи біомаси як добрива. Частина з них розглядає таку золу як відходи певного ступеня небезпечності. В деяких провінціях **дозволяється використання золи як добрива** чи покращувача ґрунту **після проведення відповідних аналізів** щодо вмісту макро- та мікроелементів та важких металів. В деяких випадках проводиться оцінка впливу на довкілля. Згідно статистики, до 18% золи, що утворюються на заводах целюлозно-паперової промисловості Канади використовується як поліпшувач ґрунтів.

В інших країнах Європи, як правило, відсутні спеціальні законодавчі положення щодо використання золи біомаси як добрива чи поліпшувача ґрунтів.

Проект STRUBIAS

У червні 2019 року Європейським парламентом було прийнято новий Регламент щодо добрив EU Fertilising Products Regulation ((EU) 2019/1009) [39] що замінює попередній Регламент EU Fertiliser Regulation ((EC) 2003/2003). Тепер положення Регламенту поширюються також на добрива, сировиною для яких служать різні види вторинної сировини.

Проект STRUBIAS керується Об'єднаним дослідницьким центром Європейської комісії в Севільї. **Мета даного проекту- зробити більш привабливим використання добрив, покращувачів ґрунту, отриманих із вторинних матеріалів в європейській практиці.** Дорожня карта впровадження циркулярної економіки, прийнята Європейською комісією, розглядає новий Регламент щодо добрив як ключовий для розширення ринку вторинної сировини.

На даний час проектом розроблено можливі законодавчі рамки для виробництва та випуску на ринок безпечних та ефективних засобів удобрення, одержаних з біогенних відходів та іншої вторинної сировини. Зокрема, було оцінено три категорії добрив:

- осажені фосфатні солі та похідні;
- матеріали та похідні термічного окислення (в тому числі зола біомаси);

- залишки від процесів піролізу та газифікації (в тому числі біочар).

Звіт містить технічні пропозиції щодо прийнятних вхідних матеріалів, умов процесу, вимог до якості та до системи управління якістю.

Очевидно, в найближчому майбутньому слід чекати **імплементатії в законодавство країн ЄС нових підходів щодо використання вторинних матеріалів, заснованих на принципах циркулярної економіки**, в тому числі золи біомаси як добрив у сільському та лісовому господарстві.

3. Основні поняття системи застосування добрив. Обсяги та тенденції їх використання

3.1. Види добрив та їх значення для підвищення врожайності сільськогосподарських культур

Добрива – це речовини, призначені для поліпшення живлення рослин і підвищення родючості ґрунту. Вносячи добрива, можна керувати процесами живлення рослин, змінювати якість урожаю та впливати на родючість, фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту. Дослідженнями вітчизняних учених доведено, що **завдяки застосуванню добрив одержують у середньому 40–50% приросту врожаю** основних сільськогосподарських культур, що значно вище, ніж частка приросту врожаю від насіння, засобів захисту рослин чи від обробітку ґрунту. Залежно від ґрунтово-кліматичних та інших умов приріст урожаю від внесення добрив змінюється в значних межах. Так, у поліській зоні він становить 60%, лісостеповій – 40%, у зволоженому степу – 15%, у сухому – 10% і зрошуваному степу – 40%.

Добрива можна класифікувати **за способом виробництва** (місцеві й промислові), **за хімічними складом** (мінеральні, органічні, органо-мінеральні), **за фізичним станом** (тверді й рідкі), **за характером дії** на ґрунт (гідролітичнокислі та гідролітичнолужні) та рослини (прямої та опосередкованої дії).

Мінеральні добрива — це продукти промислового або природного походження, що містять елементи живлення в мінеральній формі. Іноді їх називають туками, а промисловість мінеральних добрив - туковою промисловістю. Мінеральні добрива класифікують за хімічним і фізичним станом, характером взаємодії з ґрунтом, способом виробництва.

За складом добрива поділяють на: **комплексні** (склад відповідає вимогам окремих культур); **універсальні** (застосовують на кількох видах культур); **моно- і двокомпонентні** (для ліквідації нестачі окремого елемента). За **призначенням** добрива бувають для професійних і фермерських господарств, для садівництва, овочівництва і тепличних господарств, для приватного сектору (хобі сектору).

Діюча речовина добрива – це основний елемент живлення, що міститься в ньому. Дози добрив, які рекомендується вносити під культури, прийнято виражати в кілограмах діючої речовини на 1 га: азотних - азоту (N), фосфорних - фосфорного ангідриду (P_2O_5), калійних - оксиду калію (K_2O). Розрізняють **прості**, які містять один елемент живлення (азотні, фосфорні, калійні – макроелементи; борні, марганцеві, молібденові – мікроелементи), і **комплексні** мінеральні добрива, які містять два і більше елементів живлення.

Система застосування добрив включає:

- **Основне удобрення** – внесення повного добрива (NPK) у вигляді органічних та мінеральних добрив під оранку зябу, а також перед висаджуванням та сівбою культур.
- **Передпосівне удобрення** – внесення добрив під час передпосівного обробітку ґрунту).
- **Припосівне удобрення** – внесення добрив одночасно із сівбою або висаджуванням культур, покращує живлення молодих рослин, які ще мають малу кореневу систему. Припосівне удобрення завжди вноситься локально, тому ще називається рядкове.
- **Підживлення**, або післяпосівне удобрення – внесення добрив у період вегетації рослин використовується: для підживлення азотними та азотно-калійними добривами та для внесення мікродобрив.

Добрива вносять у ґрунт в певній кількості, що визначається нормами і дозами внесення. **Норма добрива** – загальна кількість добрива, внесеного під сільськогосподарські культури за період їх

виращування. Виражається у кг/га діючої речовини (д.р.) або в т/га (для органічних добрив). Для перерахунку норми добрива в кілограмах діючої речовини на фізичну масу добрива, необхідно вказану частку N, P₂O₅ чи K₂O поділити на відсоток вмісту поживної речовини в добриві. **Доза добрива** – кількість добрива, внесеного під сільськогосподарські культури за один прийом.

При встановленні норм і співвідношень мінеральних добрив під окремі культури враховують необхідність компенсації поживних речовин, внесених з ґрунту разом з урожаєм та побічною продукцією, потреби рослин в елементах живлення, запланований рівень врожаю, природні властивості ґрунтів, їх забезпеченість рухомими формами поживних речовин, удобрення попередників та можливу післядію добрив, а також баланс гумусу і NPK.

Закон мінімуму Лібіха, або закон обмежувальних чинників: врожай залежить від елемента живлення, кількість якого мінімальна. Це означає, що коли за оптимального мінерального живлення комплексом елементів один із них знаходиться в мінімумі, то його кількість визначає величину врожаю.

Концепція «4-х правил удобрення» [40]:

- внесення кращої форми удобрення;
- у оптимальній дозі;
- у необхідні строки;
- найбільш придатним способом.

Орієнтовні норми внесення добрив під різні культури наведено в додатках (**Додаток 5**).

Також при вирішенні питання встановлення норм добрив необхідно розрахувати їх **економічну ефективність та доцільність використання**. Науковими дослідженнями встановлено, що кожна наступна одиниця зростаючих доз добрив забезпечує менший приріст урожаю, ніж попередня. Ця закономірність має назву **закону убуючої прибутковості**. Тому важливо встановити економічну рівновагу, після якої подальше зростання доз добрив буде збитковим. **Рівновага настає, коли витрати коштів на одиницю добрива відповідають надходженню коштів від врожаю, одержаного за рахунок цієї самої одиниці.**

Ефективність мінеральних добрив **різко знижується** при їх використанні на **кислих ґрунтах**. Доведено, що ефективність добрив залежить від вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів та поєднання агротехнічно грамотного й раціонального застосування добрив з іншими факторами формування врожаю (сортів та гібридів, захист рослин, зрошення, обробіток ґрунту тощо). Вапнування ґрунту, зокрема, зменшує на 20–40% вимивання з орного шару ґрунту калію, на 20–30% підвищує ефективність азотних добрив і значно поліпшує фосфорний режим ґрунту.

3.2. Вимоги до характеристик та складу добрив та сучасні тенденції щодо їх застосування

Показником якості добрива є **вміст у ньому елементів живлення в доступній для засвоєння рослинами формі**. Для характеристики добрив визначають масову частку у них азоту, фосфору і калію в перерахунку на N, P₂O₅, K₂O. Добрива, що містять понад 33 % діючих речовин, належать до концентрованих, а понад 60 % — висококонцентрованих.

Перелік найбільш важливих мінеральних добрив та їх хімічний склад наведено в додатках (**Додаток 6**).

Аналіз хімічного складу цих добрив свідчить, що мінімальний та максимальний вміст діючих речовин в них становить (**Таблиця 3.1**).

Крім того, розрізняють фізичні властивості різних видів добрив, важливі для вибору способів їх зберігання, перевезення, дозування та внесення в ґрунт: щільність, розмір та міцність гранул, гранулометричний склад, сипкість, розсіюваність, злежуваність, гігроскопічність, критична швидкість, коефіцієнт тертя по металу, тощо.

Таблиця 3.1. Мінімальний та максимальний вміст діючих речовин в найбільш розповсюджених добривах

Добрива:	N,%	P ₂ O ₅ ,%	K ₂ O,%
Комплексні	1,5-25,0	8,0-80,0	10,0-46,5
Азотні	13,0-82,3	-	-
Фосфорні	-	14,0-52,0	-
Калійні	-	-	30,0-62,0

Останнім часом більше уваги приділяється **висококонцентрованим добривам**, як одностороннім так і складним, особливо їхнім сумішам, які найбільшою мірою відповідають потребам рослини [41]. Ці добрива мають добрі фізико-хімічні властивості (низьку гігроскопічність, не злежуються, високу сипучість, розчинність, фізіологічно нейтральні) і потребують значно менше витрат на транспортування, зберігання та внесення.

Регулюючи співвідношення елементів живлення в мінеральних добривах, можна одержувати високий урожай, не допускаючи зниження його якості. В останній час значної популярності набули так звані **тукосуміші**, в яких кількість елементів живлення не фіксована, а **змінюється залежно від величини запланованого врожаю**, біологічних особливостей рослин, кліматичних умов і вмісту поживних речовин у ґрунті.

Аналітики ринку мінеральних добрив [42] відзначають збільшення попиту на **рідкі комплексні добрива**. Цього вимагають і кліматичні зміни, які виражаються в Україні в зростанні посушливості, особливо навесні. До того ж фахівці відзначають, що внесення рідких добрив у нормі 50 кг/га за ефективністю дорівнює 100 кг/га гранульованих, внесених у розкид.

Така ж тенденція спостерігається, наприклад, в США: за словами директора американської фірми AgriGuardian, у США рідкі добрива займають уже 30% ринку. При цьому, під основний обробіток традиційно продовжують вносити гранульовані добрива, а в рядок під час сівби — рідкі. Крім того, зростають обсяги листових підживлень, які можна здійснювати тільки рідкими добривами.

Також значна увага приділяється розробці нових **органо-мінеральних добрив (ОМД)**. ОМД- це добрива, що складаються з органічних речовин і пов'язаних з ними мінерально-хімічних сполук. Деякі дослідники вважають, що ОМД є вищою формою, наступним етапом у розвитку застосування мінеральних добрив [43]. Вони покращують фізичні властивості ґрунту, активізують його хімічний склад, підвищують засвоюваність поживних компонентів, сприяють збільшенню врожайності, утримують вологу, знижують засолення, забезпечують оптимальний водно-повітряний режим. На сьогодні відомі різні способи виробництва орґано-мінеральних сумішей, компостів на основі торфу, вугілля, лігніну та інших органічних матеріалів. Особливий розділ орґано-мінеральних добрив складають **гумінові добрива**, діючою речовиною яких є солі гумінових кислот.

3.3. Техніка та технології внесення добрив

Комплекс послідовних виробничих операцій, пов'язаних із внесенням добрив називається **технологією внесення добрив**. Вибір способів внесення добрив у ґрунт відповідно до біологічних

особливостей рослин має велике значення для їх ефективного і раціонального використання. Розрізняють такі способи внесення добриву ґрунту:

- **суцільне** (або розкидне) внесення забезпечує рівномірний розподіл добрив по поверхні ґрунту;
- **локальне** (або місцеве) забезпечує розміщення добрив в ґрунті осередками різної форми безпосередньо в кореневмісних шарах;
- **поверхневе** передбачає внесення добрив на поверхню ґрунту з наступним заорюванням у ґрунт, може призводити до газоподібних втрат з добрив;
- **глибоке** передбачає внесення добрив в ями або канали на певну глибину.

Нерівномірне внесення мінеральних добрив знижує їх ефективність на 35-45%, складних — на 28-35%; фосфорних та калійних — на 15-20 %.

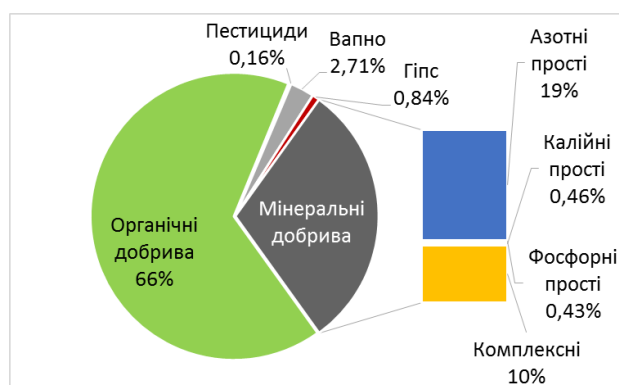
3.4. Обсяги використання добрив в Україні

За даними Держстату, в 2018 році в Україні було використано **4,87 млн т мінеральних добрив** (2,15 млн т в діючій речовині – див. **Таблиця 3.2**).

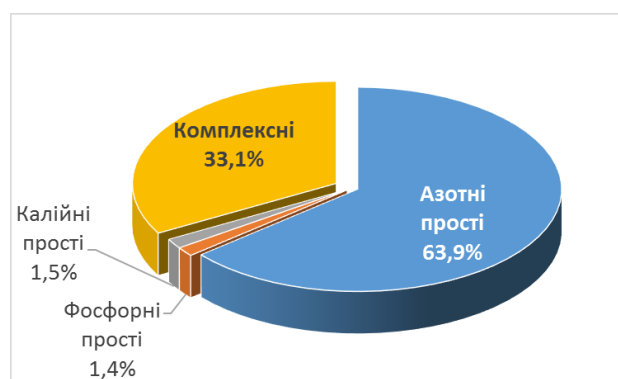
Крім того, було внесено 10 675 тис. т різних видів органічних добрив, 25 тис. т пестицидів, 438 тис. т вапна, 135 тис. т гіпсу (**Рис. 3.1**).

Таблиця 3.2. Внесення мінеральних добрив в Україні в 2018 р.

Вид мінеральних добрив:	Внесено добрив, тис. т	Внесено діючої речовини, тис. т
Мінеральні азотні прості	3109,4	1107,3
Мінеральні фосфорні прості	69,9	21,0
Мінеральні калійні прості	75,0	35,3
Мінеральні комплексні	1611,1	987,0
Всього	4865,4	2150,6



а) структура використання добрив та інших засобів



б) структура використання мінеральних добрив

Рис. 3.1. Структура застосування добрив та інших засобів обробки ґрунту в Україні

При цьому, в середньому під сільськогосподарські культури було внесено 133 кг мінеральних добрив на гектар (в діючій речовині). Загальна площа внесення добрив становила 16,1 млн га (близько 39% від загальної площі сільськогосподарських угідь).

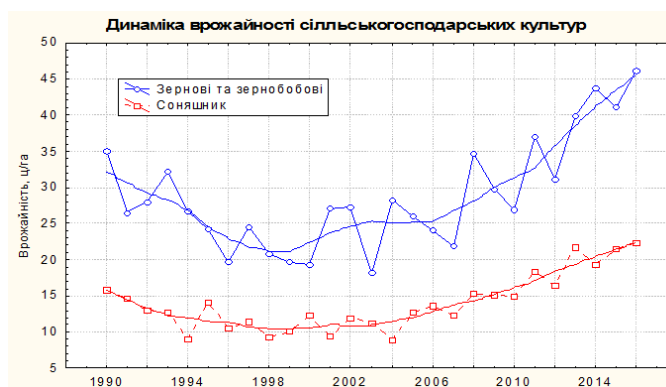
Кількість внесених поживних речовин в 2018 році склала, тис. т:

- азот (N) 1404,9
- фосфор (P) 410,35
- калій (K) 335,4

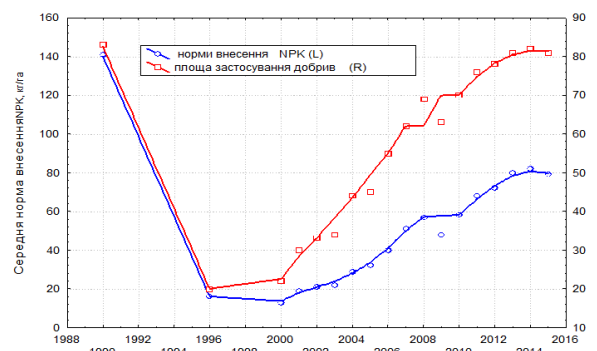
З даних на **Рис. 3.2** видно, що з початку 2000-х років продовжується **тенденція зростання** як питомих норм внесення мінеральних добрив, так і площ їх внесення, що супроводжувалось **зростанням урожайності** соняшника, зернових та зернобобових культур [40].

На **Рис. 3.3** показано кількості та співвідношення внесення різних видів мінеральних добрив під основні сільськогосподарські культури.

На думку вчених [44], викликають занепокоєння **суттєві диспропорції у внесенні елементів живлення, на користь азоту**. Якщо в 1990 році в Україні співвідношення N:P:K становило 1:0,8:0,9, то за даними 2018 року воно становить в середньому 1:0,29:0,24.



а) динаміка врожайності сільськогосподарських культур



б) динаміка зміни норм внесення добрив

Рис. 3.2. Динаміка врожайності та застосування добрив в Україні

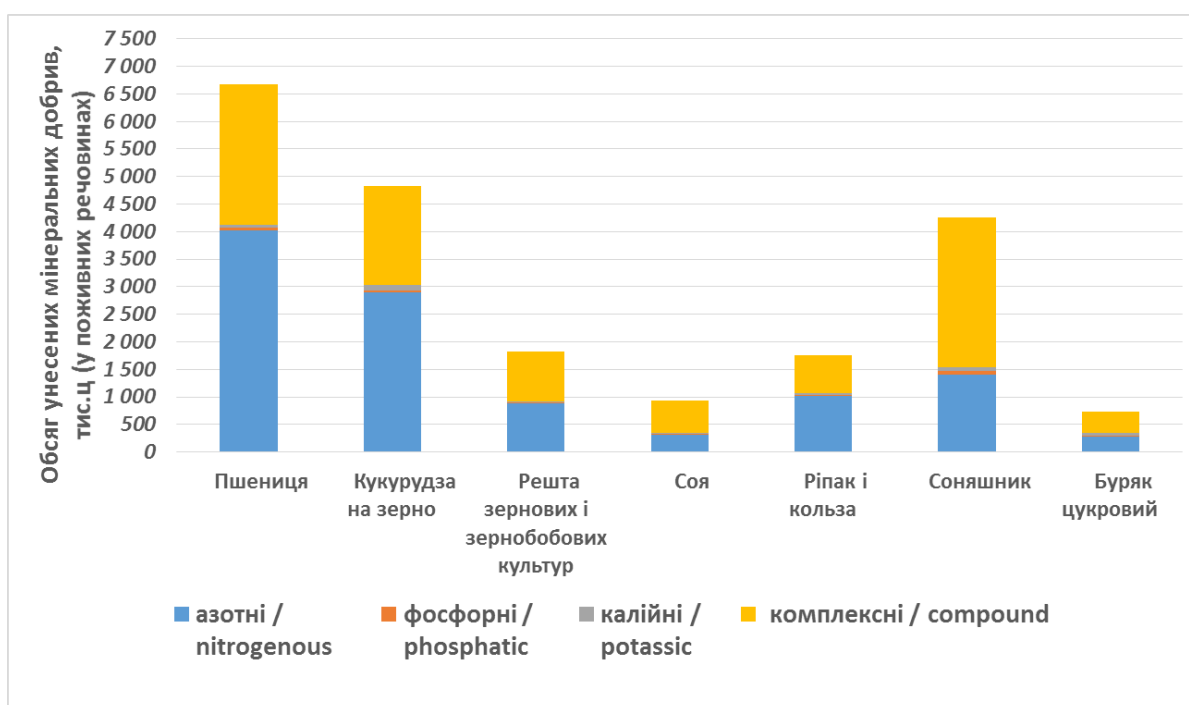


Рис. 3.3. Внесення мінеральних добрив під різні культури в 2018 р.

Агровиробники в останній час надають більшу перевагу **швидкодіючим азотним добривам**, таким як аміачна селітра (33% обсягу аміачних добрив), карбамідно-аміачна суміш (22%), карбамід (19%), сульфат амонію (11%). Не в останню чергу це викликано співвідношенням цін на різні мінеральні добрива.

Україна **залишається імпортозалежною країною** в питанні забезпечення сільського господарства мінеральними добривами. Так, за даними Державної фіскальної служби, в 2017 році Україна експортувала 673,7 тис. тонн азотних добрив, тоді як їх імпорт склав 1743,5 тис. тонн. Експорт калійних добрив залишається незначним – 1,8 тис. тонн, тоді як імпорт сягнув 92,1 тис. тонн. Фосфорні добрива Україна, в основному, закуповує – 35,4 тис. тонн.

Основні постачальники добрив в Україну- Білорусь, Польща, РФ. Ключовим показником для аграріїв залишається ціна на мінеральні добрива [45], що постійно зростає. **Калійні добрива залишаються досить дорогими** і їх здешевлення поки не очікується [46]. Основні обсяги цього продукту надходять із Білорусі у вигляді хлористого калію. Українські виробники віддають перевагу білоруській продукції, бо ціни на іншу значно вищі. З Білорусі постачається також багато НПК (азофоска), яким вітчизняні аграрії намагаються **замінити нестачу калійних добрив**.

4. Властивості золи як добрива

Зола є одним з найстаріших видів добрива, що використовує людство. Практика одного з примітивних видів землеробства – вогнево-вирубного, передбачала випалювання ділянки лісу, наступне розорювання ґрунту, удобреного деревною золою та вирощування сільськогосподарських культур на протязі трьох, іноді до п'яти років. Після цього родючість ґрунтів суттєво знижувалась, і люди переходили до обробітку іншої ділянки. З подальшою інтенсифікацією методів землеробства відтворення родючості ґрунту досягалось внесенням гною та інших органічних добрив, застосуванням чистих парів, сидератів, тощо.

Сучасна система землеробства є інтенсивною, підтримання родючості ґрунту в ній досягається дотриманням сівозмін, внесенням органічних і мінеральних добрив. При цьому **основна частина мінеральних добрив виготовляється промисловістю**, з дотриманням певних стандартів, що забезпечують необхідний вміст діючих речовин та фізичні характеристики добрива, пристосовані до певних способів його внесення в ґрунт. Значення золи як добрива поступово знижувалось по мірі переходу до більш інтенсивних систем землеробства. Після переходу до використання викопних палив в усіх сферах виробництва, джерелом золи біомаси могли бути лише системи дров'яного опалення приватних будинків, переважно в сільській місцевості. Також до останнього часу існувала заборонена нині практика спалювання соломи та інших пожнивних решток на полях. Проте, її основна мета полягала не в удобренні поля золою, а в тому, щоб позбутись пожнивних решток, що ускладнювали подальший обробіток ґрунту.

4.1. Загальні рекомендації щодо використання золи біомаси як добрива

Сучасні довідники з агрохімії в Україні розглядають золу як **цінне місцеве калійно-фосфорно-вапняне добриво** [47]. Зазвичай під місцевими добривами розуміють такі, що нагромаджуються чи виготовляються безпосередньо в агрогосподарствах і в них же використовуються (гній, гноївка, компости, пташиний послід, зола, мул ставків і озер). Як місцеве добриво використовують також різні вапнякові породи (вапно, мертель тощо), які добувають на місці і застосовують для хімічної меліорації ґрунтів.

Зазначається, що деревна зола зазвичай містить до 15 % K_2O у вигляді K_2CO_3 , 7% - P_2O_5 і близько 40 % CaO . На відміну від промислових добрив вона не містить хлору, тому є найліпшою формою для чутливих до хлору культур. Також зазначається, що калій в золі знаходиться у вигляді вуглекислого калію (K_2CO_3), що **добре розчиняється у воді**. В 1 кг деревного попелу міститься 200–700 мг бору, тому його можна використовувати як борне добриво. Фосфор в золі знаходиться у формі сполук різної розчинності. Частина з них розчинна у воді, інша – в слабких органічних кислотах і слабких розчинах мінеральних кислот. **Близько $\frac{3}{4}$ всього фосфору, що міститься в золі, знаходиться в доступній для рослин формі**. При взаємодії з ґрунтом, особливо кислим, інша частина фосфору золи також стає доступною для живлення рослин. Тому зола як джерело фосфору за своєю дією на врожай сільськогосподарських рослин не тільки не поступається дії розчинних у воді форм фосфорних добрив, але в ряді випадків і перевершує їх. Зола, внесена в ґрунт, створює на кислих підзолистих ґрунтах **сприятливі умови** не тільки для росту і розвитку рослин, а й для **діяльності корисних мікроорганізмів** і особливо аммоніфікуючих і нітрифікуючих бактерій. Зола відмінно **розпушує ґрунт** і змінює її структуру, роблячи її легкою, волого- і повітропроникною. Наслідки внесення золи позначаються **протягом чотирьох років**.

4.1.1. Рослини, що можна удобрювати золою. Рекомендовані прийоми її застосування

В різних джерелах інформації можна знайти достатньо рекомендацій щодо застосування золи як добрива. Щоправда, **більшість з них стосується її використання на присадибних ділянках населення**, а не в товарному сільськогосподарському виробництві.

Зустрічається думка, що золу можна застосовувати **на всіх типах ґрунтів під усі культури незалежно від способу внесення**: восени в основному удобренні під зяблеву оранку, навесні під культивування зябу, для підживлення озимих і просяних культур та багаторічних бобових трав поверхнево рано навесні. Зола містить вапно, тому найефективніше використовувати її на кислих ґрунтах легкого гранулометричного складу і торфовищах. Дозу внесення золи розраховують за вмістом у ній калію і фосфору. Золу вносять під час основного обробітку ґрунту або передпосівної культивування.

Вимогливими до калійного живлення є **цукрові буряки, картопля, конопля**. Внесена зола **під картоплю** як добриво діє набагато ефективніше інших калійних добрив. При внесенні одного кілограма деревної золи під картоплю кількість бульб підвищується на шість-вісім кілограмів, і відбувається зростання вмісту крохмалю в ньому.

Бобові рослини (горох, соя, квасоля, нут, чина, кінські боби) не потребують азоту, тому що бульбочкові бактерії, які живуть на їх корінні накопичують значну його кількість. Тому після бобових азот можна не вносити, або застосовувати у мінімальній кількості, а в основному використовувати **калійні та фосфорні добрива**. Під **гречку** доцільніше вносити безхлорні калійні добрива, зокрема попіл.

Також зола підходить для удобрення **льону і сої**, при доповненні органічними добривами.

Рекомендують в першу чергу вносити золу під **овочеві культури** (капусту, огірки, перець, томати, цибулю, редьку, часник, баклажани), **виноград, цитрусові, суніцю, малину, смородину**, оскільки ці культури не переносять хлор, а також під **дерева, ягідні чагарники**. Застосування золи оберігає **капусту** від захворювань кілоу (хвороба, що викликається грибом, паразитуючий на коренях) і чорною ніжкою.

На сто квадратних метрів потрібно до 12 кг золи. **Кожен кілограм її, за свідченням фахівців, відповідає 220 г суперфосфату в гранулах, 240 г хлористого калію**. Найдоцільніше застосовувати золу не в чистому вигляді, а з органічними добривами, де азот знаходиться у зв'язаному стані: **торфом, ферментованим гноєм або компостом** в співвідношенні 1:2; 1:4. Для **збагачення компосту** золою пересипають кожен його шар. Така практика допомагає створювати в купі гною відмінні умови для розмноження потрібних мікроорганізмів, які поповнюють його поживними речовинами.

Також можна застосовувати **витяжку із золи**. Вважається корисним підживлення плодових рослин розчином золи в середині літа, при визріванні плодів, коли рослини можуть відчувати нестачу кальцію та фосфору.

Існує практика **замочування насіння у воді з золою перед посадкою**.

Практикують також **внесення попелу в лунки, борозни і посадочні ями**, але робити це треба обережно, щоб не обпалити коріння, через високу лужність попелу. Тому шар попелу обов'язково ізолюють шаром землі від кореневої системи саджанців.

Також зола здавна широко використовується в садах і городах для **боротьби з шкідниками і хворобами рослин**. Просіяною дрібною золою посипають зволожені листя рослин та ґрунт навколо них, що запобігає просуванню слимаків та равликів.

Використовується зола також для вирощування **декоративних та кімнатних рослин** (троянд, глідолусів, клематисів, лілей, піонів).

На противагу твердженням про повну доступність фосфору золи біомаси для рослин, в дослідженні [48] зазначається, що такий фосфор може лише частково підтримувати стабільний рівень фосфору в ґрунті, бо в золі він є в незначній кількості і слабо розчиняється в ґрунті. Тому необхідно компенсувати нестачу фосфору внесенням відповідних добрив. **Зазвичай вміст фосфору в золі соломи вище, ніж в золі деревини.**

Коригування дози внесення золи повинно проводитися з урахуванням ґрунтових умов (проведення ґрунтово- агрохімічного обстеження) та сільськогосподарської культури, під яку планується її внесення. Дози внесення мають бути наближені до оптимальних, розраховані з урахуванням виносу поживних речовин запланованим урожаєм і коефіцієнтом використання елементів живлення сільськогосподарськими культурами.

Як один з позитивних наслідків внесення золи деякі дослідники називають **зменшення потрапляння важких металів в ґрунт**, оскільки вони туди вносяться в основному із штучними мінеральними добривами, тому якщо зола замістить частину штучних добрив, зменшиться і внесення важких металів.

4.1.2. Застереження при використанні золи. Транспортування та зберігання

В ідеальному випадку переробка деревної золи та її внесення до ґрунтів повинні проводитися таким чином, щоб використовувались всі необхідні корисні властивості і в той же час знижувався негативний вплив на фауну, наземну рослинність та поверхневі води.

В золі від згоряння будь-яких рослинних залишків **відсутній азот**, критично необхідний рослинам під час вегетації. Тому, крім золи, необхідне внесення азотних добрив. Але **вносити азотні добрива одночасно з золою не можна**, бо це призводить до великих **втрат азоту**: він перетворюється на аміак і випаровується. Отже, **аміачну селітру, сульфат амонію і хлористий амоній, а з органічних добрив гнойову рідину, пташиний послід, фекалії і гній слід вносити окремо від золи**. При застосуванні золи в суміші з перегноем, з метою скорочення втрат азоту, зазначену суміш потрібно готувати лише незадовго до внесення в ґрунт.

Не варто застосовувати разом з попелом і фосфорні добрива [49], оскільки попіл має лужну реакцію, при якій сполуки фосфору стають практично недоступними для рослин. **Не можна змішувати золу з фосфоритного борошном** і томасшлаком, слід уникати вносити золу на ті ділянках, які були удобрені раніше (за 1-2 роки) значними кількостями цих добрив. При спільному використанні з золою невеликих доз фосфоритного борошна або томасшлаку необхідно внести їх під оранку, а золу під культивування або місцево.

Також слід **уникати внесення деревної і солом'яної золи разом з вапном**, застосовувати її на недавно вапнованих ґрунтах, оскільки це призводить до **зниження ефективності золи**. Деревну і солом'яну золу і **калійні добрива** доцільно попередньо **змішувати** і вносити в ґрунт за один прийом.

Не можна користуватися золою на лужних ґрунтах ($pH > 7$), бо підвищення лужності ґрунту перешкоджає засвоєнню рослинами поживних речовин, а також вносити її під культури, які віддають перевагу ґрунтам з підвищеною кислотністю: редис, кавун, щавель, ожина, гортензія, декоративні хвойні рослини.

Не можна проводити підживлення золою саджанців городніх рослин до стадії формування перших справжніх листків. При хворобах саджанців золу не застосовують, щоб не погіршити систему живлення. Якщо причиною хвороб є нестача фосфору на фоні надлишку кальцію чи натрію, застосування золи буде згубним для рослин.

Рекомендують **загортати золю в ґрунт**, інакше вона може сприяти утворенню **шкідливої для рослин кірки**. При внесенні в посадочні гнізда зола **не повинна контактувати ні з кореневою системою**, ні з шаром перегною, компосту, комплексних добрив: зола вноситься пошарово, пересипається шаром ґрунту 10-15 см. У разі відсутності торфу або перегною, для запобігання розпилення золи вітром, а також її рівномірного розподілу по удобреній площі, солом'яну і деревну золу можна вносити в суміші із злегка вологим ґрунтом.

Зустрічаються поради **не вносити золю в ґрунт восени**, бо розчинні речовини золи з талими водами перемішуються в нижні шари ґрунту.

Зазначають, що внаслідок нерівномірності фракційного складу, великої кількості пилу використання золи та попелу ускладнене, **важко забезпечити внесення потрібної дози**. Дехто вважає, що його взагалі не варто використовувати в сухому вигляді, а лише у суміші з водою.

Також рекомендують **не використовувати свіжу золу** [50], оскільки вона дуже швидко розчиняється в ґрунті і може призвести до пошкодження чутливих рослин та мікроорганізмів. Зола, що пролежала під навісом **від кількох тижнів до кількох місяців** ущільнюється, вбирає певну кількість вологи, що зменшує кількість пилу та робить її більш зручною для застосування. Крім того, затверділа зола **гірше розчиняється**, що робить вивільнення поживних речовин в ґрунт більш тривалим і рівномірним. Для цього в деяких європейських країнах її гранулюють. При внесенні добре стабілізованої золи в помірних кількостях (до 3 тонн на га) негативної екологічної дії фактично не спостерігається.

При надлишковому внесенні, особливо на ґрунтах, багатим гумусом, **зола може посилювати нітрифікацію**, що призводить до втрат азоту та негативно впливає на корисні мікроорганізми.

Також слід мати на увазі, що окрім поживних речовин, зола може мати у своєму складі і небезпечні для довкілля **важкі метали**.

Зазвичай, фільтраційна зола містить значну кількість органічних забруднюючих речовин, її частка складає приблизно 10 %. Таку золу можна утилізувати шляхом промислової переробки за певних умов в дорожньому будівництві або додаванням в незначній кількості до органічних добрив за умови недопущення граничного значення.

Доза внесення золи значною мірою залежить не лише від виду біомаси, але і від агротехнічних чинників, таких як кількість опадів, обробка посівів отрутохімікатами, внесення додаткових добрив. Тому перед внесенням золи в ґрунт необхідно не лише проводити аналіз ґрунту, але і **аналіз самої золи**.

В одному з досліджень щодо застосування золи в лісовому господарстві [51] стверджується, що **вміст в золі незгорілого вуглецю більше 5% на суху масу погіршує ефективність золи як добрива та засобу для вапнування**, збільшує її об'єм, погіршує здатність до ущільнення, пресування чи гранулювання. Крім того, наявність в золі незгорілих часток збільшує пожежну небезпеку в лісах.

При поводженні із золою рекомендують:

- не зберігати її на відкритому повітрі, бо атмосферними опадами з неї вимиваються легкорозчинні сполуки калію, після чого вона придатна лише як вапняно-фосфорне добриво, крім того, при висиханні після намокання вона може затвердіти і стати взагалі непридатною до застосування;
- просіювати перед закладенням золи на зберігання;
- зберігати її окремо від харчових продуктів в сухому місці, недоступному для дітей та тварин, не зберігати в житлових приміщеннях [52];

- зберігати золу подалі від колодязів, скважин, інших джерел питної води для людей чи тварин (загалом не ближче 15-20 м при звичайних та не ближче 30-40 м при водопроникних ґрунтах [53]);
- не вносити в ґрунт за вітряної або занадто сухої погоди;
- перевозити в закритій тарі, або в критій машині, враховувати можливість сильного пилоутворення;
- враховувати сильну корозійну здатність золи;
- під час роботи з золою одягати рукавиці і дотримуватись правил гігієни;
- при попаданні на шкіру, в очі, необхідно змити її водою;
- уникати контакту зі слизовою оболонкою, при ковтанні звернутися до лікаря.

4.2. Агрономічна ефективність використання золи як добрива. Порівняння із звичайними добривами. Результати досліджень

Наводяться різні дані щодо вмісту діючих речовин в золі, зокрема – **Таблиця 4.1**.

Таблиця 4.1. Хімічний склад різних видів золи, %

Зола	K ₂ O		P ₂ O ₅		CaO	
Джерело інформації:	[50]	[54]	[50]	[54]	[50]	[54]
Соломи:						
пшеничної	9-18	13,6	3-9	6,4	4-7	5,9
житньої	10-14	16,2	4-6	4,7	8-10	8,5
гречаної	25-35	35,3	2-4	2,5	16-19	18,5
Стебел сояшнику	30-35	36,3	2-4	2,5	18-20	18,5
Дров:						
березових	10-12	13,8	4-6	7,1	35-40	36,3
соснових	10-12	6,9	4-6	2,0	30-40	31,8
ялинових	3-4	3,2	2-3	2,4	23-26	25,3
вербових		4,6		2,1		43,5
Гною		1,0		5,0		9,0
Торфу:	0,5-4,8		1,2-7,0		15-26	
низинного		1,0		1,2		20,0
верхового		0,3		0,5		3,0
Кам'яного вугілля						
у чистому вигляді		0,1–0,4		0,1–0,4		–
сумісно з дровами		1,0		2,0		–

Порівнюючи вказаний вміст поживних речовин з наведеним раніше його вмістом в традиційних добривах (**Таблиця 3.1**) можна зазначити, що в золі деревини:

- **вміст калію близький до нижньої межі** його вмісту в комплексних добривах та майже вдвічі нижчий за нижню межу його вмісту в калійних добривах;
- **вміст фосфору нижчий за нижню межу** його вмісту як в комплексних, так і у фосфорних добривах.

В золі аграрної біомаси вміст фосфору приблизно такий же, а вміст калію суттєво вищий, ніж в золі деревини. В гречаній та в золі сояшника вміст калію знаходиться в діапазоні, характерному для калійних добрив.

Попри значну кількість рекомендацій, що декларують ефективність використання золи біомаси як добрива, **дуже рідко зустрічається описання конкретних результатів використання золи**, її впливу на урожайність сільськогосподарських культур, а тим більше порівняння з ефективністю традиційних добрив. Особливо відчувається брак такої інформації стосовно застосування в Україні.

4.2.1. Застосування в Україні

Зокрема, відомо [55], що в агрофірмі «Дім» с. Дрозди Білоцерківського району Київської області, де встановлено опалювальний котел на соломі, за опалювальний сезон використовують до 1000 великих тюків соломи, при цьому утворюється близько 55 т золи, що містить 6,4% фосфору, 13,6 калію, 5,9 поташу, яку в агрофірмі «Дім» розкидають полями в розсипному вигляді. Нажаль, **аналізу ефективності її застосування не наводиться**.

В одному з досліджень [56], проведених в Україні виявлено, що при застосування золи деревної як добрива спостерігалось **активне зростання**, і більш компактне (за термінами) **дозрівання помідорів**.

В іншому дослідженні [57] вивчався вплив внесення золи та меліорантів (KCl) на перехід ^{137}Cs із ґрунту в молоді пагони й листя горобини звичайної та крушини ламкої в забруднених радіонуклідами лісових екосистемах Полісся України. Встановлено, що поєднання золи та меліорантів краще впливає на зменшення накопичення радіоактивного цезію в рослинах, ніж застосування кожного з препаратів окремо.

4.2.2. Застосування в інших країнах

Підтвердження впливу на врожайність

Дослідження, проведені в Білорусі [58], показали, що застосування деревної золи на фоні NPK 210:160:330 забезпечило збільшення врожайності зеленої маси кукурудзи на 241 ц/га порівняно з варіантом, де удобрення взагалі не використовувалось. **Прибавка врожаю зеленої маси кукурудзи** у варіанті з використанням деревної золи та повного мінерального добрива в порівнянні з варіантом лише з повним мінеральним добривом склала 44 ц/га. Застосування 1 т / га деревної золи на фоні NPK істотно збільшило врожайність першої культури сівозміни (кукурудза) в рік внесення золи, а також забезпечило практично однакову продуктивність ланки сівозміни в порівнянні з фоновим варіантом при зниженні доз мінеральних калійних добрив на 60 кг / га д. р.

Дослідження удобрення картоплі компостом та деревною золою ТЕЦ (Республіка Комі, РФ) [59] показало зниження кислотності ґрунту з pH5,0 до pH5,5, що сприяло зменшенню захворюваності рослин фітофторозом, **підвищило врожайність картоплі** та збільшило в ній вміст крохмалю на 1,5%.

В польовому дослідженні на двох ділянках зазначається **зростання урожаю ячменю** до 18, а **кукурудзи** до 11% на одній із ділянок при застосуванні золи біомаси на фоні азотного живлення порівняно з контрольною ділянкою, де застосовувались лише азотні добрива. На другій ділянці, де був проведений аналогічний експеримент, але з іншим типом ґрунтів, при застосуванні золи відбулось **зменшення врожаю ярої пшениці та люпину** [60].

В Канаді [61] в результаті трирічних польових досліджень впливу внесення деревної золи в кількості 6, 12,5 та 25 т/га та азотних добрив виявили **збільшення врожайності ячменю** на 50%, а **олійного ріпаку** на 124% порівняно із застосуванням лише азотних добрив.

Також **збільшення урожаю вівса** було виявлено при застосуванні деревної золи після котла целюлозно-паперової фабрики [62] в експериментах по його вирощуванню в теплиці. Збільшення урожаю при застосуванні золи на 45% було зафіксовано порівняно з ділянкою без вапнування, в той

час як на ділянці із стандартними дозами вапнування доломітовим вапном в кількості, еквівалентній застосуванню золи, збільшення врожаю склало 8% (тобто, різниця ефектів використання золи та доломітового вапна склав 37%). Аналогічний **приріст для бобів** при удобренні золою склав 18-33%. Ґрунт після обробки золою мав вищі концентрації фосфору, бору та сірки та менші- цинку, заліза, міді та марганцю.

В Чехії були проведені дослідження [63] впливу деревної золи на врожай ярої пшениці та накопичення в ній кадмію, на фоні звичайного азотного живлення. При цьому було виявлено **зменшення поглинання кадмію** рослинами, що пояснили зростанням лужності ґрунту та абсорбуючими властивостями самої золи щодо кадмію. Крім того, **збільшився майже на 100% врожай зерна** та в більшості дослідів **зріс вихід соломи пшениці**.

Лабораторні дослідження, проведені в Польщі [64] показали позитивний вплив удобрення золою на вміст хлорофілу та покращення фотосинтезу в рослинах ячменю, пшениці та вівса, прискорення їх росту, збільшення маси зерен. Польові дослідження впливу деревної золи, отриманої на одній з польських ТЕЦ, та золи з агробіомаси показали **зростання врожаю тритикале** до 20%. Це та інші [65] дослідження, проведені в Польщі, показало **позитивний вплив зростаючих доз золи на урожай** порівняно з відсутністю в контрольних дослідів живлення, аналогічного внесеної золі за кількістю діючих речовин.

Дослідження, проведені в Пакистані [66] на кальцинованих землях при застосуванні золи біомаси та базовому застосуванні NPK показали **зростання врожаю пшениці** до 37%, що пояснюється покращенням структури ґрунту та підвищенням доступності кальцію, магнію та калію для рослин.

Підтвердження можливості використання замість фосфорних добрив

Дослідження, проведені в Данії [67] продемонстрували **можливість підтримання рівня фосфору в ґрунті при застосуванні золи біомаси замість потрібного суперфосфату**.

Приблизно такий же висновок зроблено в Німеччині [60] на основі експериментальних досліджень вирощування олійної редьки, гречки, фацелії та інших культур із застосуванням золи аграрної біомаси, хоча в проведених дослідів **не відмічено зростання врожайності** порівняно із застосуванням звичайних калійних та фосфорних добрив.

Інші дослідники з Данії [68] встановили вплив добрива на основі золи після газифікації агробіомаси на вміст фосфору в ґрунті та урожайність ярого ячменю. Добриво було виготовлене у вигляді гранул з додаванням деяких інших компонентів, з нього було вилучено важкі метали. Його **вплив** на врожайність був **аналогічний до потрібного суперфосфату**, вміст розчинного фосфору в ґрунті становив 40-90% від аналогічного показника при застосуванні суперфосфату.

Підтвердження можливості застосування як меліоранта, вапнувального матеріалу

Австрійські дослідники [69] експериментально підтвердили, що зола біомаси в кількості 0,5 т/га **може ефективно застосовуватись для вапнування** на закислених луках замість вапна.

Інше дослідження [5] стверджує, що за своїм ефектом вапнування ґрунтів **4,4 тонни подової золи можуть замінити 1 тону звичайного засобу для вапнування**.

Ще одне дослідження [70] показало, що при застосуванні окремо звичайного вапна та золи біомаси вплив на ґрунт практично однаковий, але **дія суміші золи та вапна значно краща**, ніж кожного компонента окремо. Тому золу можна розглядати скоріше як допоміжний засіб для вапнування ґрунтів.

Можливість застосування золи як засобу для вапнування показало і дослідження з використання деревної золи, що утворюється на підприємствах паперово-целюлозної промисловості, проведене в США [71]. В той же час, це дослідження засвідчило **досить незначні кількості калію та фосфору, що переходять із золи в ґрунт**.

Можливість застосування золи як розкислювача лісових ґрунтів зазначається в дослідженні [72]. Там же зазначається, що **золу біомаси можна застосовувати при вирощуванні енергетичних плантацій** на землях, що містять надлишок хлору, для зменшення поглинання хлору рослинами.

В звіті Міжнародного Енергетичного Агентства [73] наведено інформацію про дослідження впливу золи біомаси в суміші з компостом на процес компостування та її властивостей як добрива у суміші з дигестатом після біогазової установки. Встановлено, що **такий компост можна застосовувати як меліорант** на кислих тропічних ґрунтах.

Інші агрономічні ефекти

Є відомості про те, що золу можна застосовувати **для покращення якості пасовищ**, не заплавних луґів, зарослих мохом і кислими травами. Такі луки, після удобрення золою, значно збільшують кількість трави, причому склад трав змінюється: замість злаків, особливо кислих, грубих, починають розвиватися трави з сімейства бобових: конюшина, горошки, та ін., для яких сприятливе калійне підживлення [74].

Дослідження, що виявили недоліки золи біомаси як добрива

Однак, далеко не всі дослідження визнають ефективність застосування золи як добрива, принаймні в чистому вигляді.

Дослідження, проведені в Польщі [75] із застосуванням **леткої золи**, отриманої при спалюванні суміші деревної та аграрної біомаси в котлі з киплячим шаром, показали **недоцільність прямого застосування отриманої золи** через незбалансованість її компонентів, наявність великої кількості калію у вигляді нерозчинних сполук, а також важких металів. Така зола може застосовуватись або після додавання різних коригуючих компонентів, або як сировина для виробництва фосфорних та калійних добрив.

Дослідження, проведені в Таїланді при удобренні рису комбінованими добривами, що включали рисову солому, рисову золу та азотні добрива [76], **не виявили впливу** такого удобрення на **урожай** порівняно з удобренням лише азотними добривами.

В іншому дослідженні [77] виявлено **зростання захворюваності пшениці** кореневою хворобою *Gaeumannomyces graminis* при зростанні доз золи, що потрапляли в ґрунт.

Деякі дослідники [78] вважають, що **золу біомаси слід розглядати більше як джерело калію**, тому що фосфор знаходиться в ній у формі, мало доступній для рослин за звичайного стану ґрунтів, хоча для використання на лісових ґрунтах це може і не бути великою проблемою. Загалом, **зола може служити джерелом поживних елементів для виробництва добрив**. Хоча, як зазначається, при виробництві добрив важливо, щоб сировина мала **низьку ціну, великі обсяги та передбачувані характеристики**. За цими критеріями, а також вмістом поживних елементів зола програє іншим видам сировини.

В Україні зола традиційно застосовується як добриво на присадибних ділянках, накопичений певний емпіричний досвід її застосування. Попри загалом схвальні відгуки тих, хто її застосовує, є і

протилежні думки, зокрема, твердження, що зола погано діє на кореневу систему, не корисна для кісточкових плодів, краще використовувати комплексне добриво, тощо [79], [80].

Твердження про низькі якості золи як добрива доводиться зустрічати навіть в соціальній рекламі: «Не зважаючи на загальноприйнятну думку, зола – дуже погане добриво і, таким чином, спалювання листя щороку призводить до все більшого збіднення ґрунту» [81].

Таким чином, можна зробити деякі висновки на основі результатів зазначених досліджень:

1. Більшість проведених досліджень свідчать, що золу біомаси **можна використовувати як засіб для вапнування ґрунтів**.
2. Застосування золи біомаси **здатне підтримувати той же рівень фосфору** в ґрунті, що і застосування традиційних фосфорних добрив (щоправда, кількість внесення золи за масою буде більша через нижчий вміст в ній фосфору).
3. Ряд досліджень свідчить про зростання врожаю сільськогосподарських культур при зростанні доз золи біомаси на фоні стандартного азотного або NPK-живлення, що застосовувалось в тому числі в контрольних дослідах. Це демонструє лише збільшення врожаю **як результат збільшення застосування добрива** (золи).
4. Практично немає досліджень, що порівнювали б вплив золи на врожай за умови внесення в контрольному досліді такої ж кількості діючих речовин (P, K), що вноситься із золою на досліджуваних ділянках. В результаті, **не можна з упевненістю стверджувати про наявність у золи біомаси переваг перед традиційними добривами щодо впливу на врожай**.
5. **В деяких випадках**, залежно від типу ґрунтів, їх складу, реакції, вологості сезону вегетації та інших характеристик, **використання золи не показує позитивного впливу на врожай**, а іноді навіть його зменшує.

Отже, використання золи біомаси для досягнення потрібного агротехнічного ефекту потребує врахування багатьох чинників. Схоже, **питання ефективного використання золи як добрива не можна вважати повністю дослідженим**, що пов'язано не в останню чергу і з різноманітністю походження та фізико-хімічних характеристик цієї золи.

4.3. Недоліки та бар'єри використання золи біомаси як добрива

Чимало дослідників зазначають, що зола біомаси має ряд властивостей, несприятливих для її ефективного застосування та створюють ряд незручностей, що можуть стати або вже є бар'єрами для її використання як добрива. Нижче зазначені основні з них.

- не є комплексним добривом, в її складі відсутній азот;
- фосфор знаходиться у слабо розчинній при звичайних умовах формі [8], також низька розчинність кальцію [5];
- несумісність з аміачними добривами;
- використання золи обмежується кількістю, що забезпечує оптимальну лужність ґрунту;
- підвищений ризик для здоров'я;
- несприятливі фізичні характеристики (низька насипна щільність, малий розмір часток, значне пилоутворення при перевезенні та внесенні в ґрунт), що викликають високі витрати на перевезення, проблеми розподілу золи механічним способом [53] та інші незручності використання;
- брак технологій застосування, орієнтованих на золу біомаси;

- застосування традиційних машин для внесення добрив (розкидачів гра- нульованих та порошкоподібних добрив) не дає належного ефекту - не забезпечується рівномірність внесення, складність регулювання норми внесення, утворення склепіння і т. ін. [48];
- не стабілізована зола може пошкодити рослини [82];
- низький вміст поживних речовин порівняно з вмістом важких металів (особливо Cd, As, Zn) [83], тривале застосування «неправильної» (наприклад, фільтраційної) золи може призвести до накопичення важких металів та інших токсичних речовин у ґрунті, зниження його родючості [84];
- часто великий вміст інертного матеріалу;
- велика різниця якісних характеристик та виходу золи залежно від видів вхідної сировини, її походження та технології спалювання;
- мінеральна сировина для виробництва добрив чистіша та стабільніша за складом, фосфор і калій в мінеральних добривах «чистіший» і більш доступний для рослин [83];
- відсутність у промисловості зацікавленості у виробництві добрив із золи;
- незацікавленість аграрного сектору у використанні добрив на основі золи навіть там, де цей напрямок досить розвинений, наприклад, в Данії [68];
- необхідність передбачати проміжне складування золи через неспівпадіння між часом її утворення та використання [85].

Відповідно, дехто вважає за краще **не використовувати її як добриво**, а застосовувати за іншими напрямками, в основному **в будівельній та інших галузях промисловості**: підсипки, ізолюючі шари, наповнювачі бетонів, цементних та вапняних розчинів, бетонні вироби, що не вимагають високої міцності, ненапружені бетони, синтез геополімерів [86]. Особливо це стосується **леткої золи**, отриманої при спалюванні біомаси в киплячому шарі, оскільки вона може містити значну частку інертного матеріалу з котла.

Додаткові бар'єри:

- невеликі товарні обсяги;
- брак відповідних регуляторних напрацювань (нема спеціальних положень щодо агрономічного використання, золу інших видів біомаси, крім деревної, не внесено в перелік речовин, дозволених до використання в органічному землеробстві, використання золи в технології бетонів обмежується леткою вугільною золою);
- брак обізнаності, знань та бажання операторів теплогенеруючих установок, потенційних кінцевих споживачів та органів влади для покращення використання золи біомаси. Наприклад, в м. Черкаси кілька років назад золу біомаси обласна екологічна інспекція вважала «небезпечними відходами», за які на оператора котельні накладались штрафні санкції, не дивлячись на результати хімічних аналізів, що доводили протилежне [87];
- через співвідношення цін, адміністративні та інші бар'єри, логістичні та технічні проблеми, видалення золи біомаси на полігон часто буває більш дешевою опцією, ніж її утилізація [73].

4.4. Способи підвищення ефективності використання золи як добрива

Існує ряд способів обробки золи для використання її як добрива, що дозволяють позбутись певних її недоліків (**Таблиця 4.2**).

Таблиця 4.2. Способи покращення споживчих якостей золи біомаси

Спосіб поводження із золою	Корисний результат	Необхідні передумови
Контроль стану та складу золи на котельні [88]	Зола однорідна за гранулометричним складом, з регульованим (в певних межах) вмістом різних компонентів.	Контроль режимів спалювання біомаси, відповідна конструкція обладнання, додавання спец. речовин для зменшення спікання золи, контроль хім. складу паливної біомаси. Співпадіння з умовами ефективного виробництва теплової енергії
Розмелювання, просіювання	Відділення великих часток, баласту та сміття, покращення реагуючої здатності	Трудовитрати (обладнання, як правило, є в агрогосподарствах)
Зменшення лужності при тривалому зберіганні та зволоженні [85] («ageing»)	Зменшення лужності, сумісність з азотними добривами, можливість застосування не тільки на кислих ґрунтах, зменшення пилоутворення, регулювання розчинності	Необхідно забезпечити потрібні умови зволоження, але не допустити злежування. Застосування спец. обладнання типу бетонозмішувачів. Необхідна тривалість зберігання 8-12 тижнів.
Нейтралізація кислотами	Те ж	Додаткові витрати на обладнання, технології, реактиви
Змішування з вапном для вапнування ґрунту	Відносне зменшення баластних речовин у суміші, використання лужних властивостей золи	Кислі ґрунти
Рідке добриво [89] на основі золи (водний екстракт)	Відносне зменшення баластних речовин, зменшення пилоутворення, можливість застосування разом з рідкими органічними добривами тим же способом, сприяє використанню в посушливу погоду	Практика застосування рідких добрив в агрогосподарстві. Слід мати на увазі, що в розчин переходять лише найбільш розчинні сполуки, що зменшує цінність добрива
Змішування та внесення з гноєм, торфом, рослинними залишками, або, за їх відсутності, змішування з вологим ґрунтом	Отримуємо добриво більш збалансоване за кислотністю та складом поживних речовин. Менше пилоутворення, більш зручне внесення в ґрунт (стандартними розкидачами)	Наявність в агрогосп-ві торфу, гною, тощо. Для зменшення втрат азоту, суміш із гноєм готується безпосередньо перед внесенням. Краще застосовувати ферментований гній.
Приготування компостів рослинних залишків із золою. Торфозольні компости	Пришвиджується розкладання рослинних решток, отримуємо більш збалансоване добриво за складом. Перехід частини поживних речовин в більш доступну форму (особливо фосфору).	Застосування компостів та технологій їх отримання в агрогосподарстві. Добування торфу в безпосередній близькості (окреме виробництво). Час визрівання торфозольної суміші- 6-12 міс.
Вермікомпости [90]	Те ж	Те ж

Спосіб поводження із золю	Корисний результат	Необхідні передумови
Гранулювання золи біомаси, із закріплюючими речовинами або додаванням інших добрив [91]	Уніфікація гранулометричного складу, підвищення насипної щільності, часткова зміна хімічного складу, сповільнення розчинення в ґрунті, стандартні способи зберігання та внесення в ґрунт	Придбання відповідного обладнання та освоєння технології (основні стадії аналогічні виробництву пелет). Необхідність додаткових матеріалів-скріплювачів гранул. Економічна доцільність, з урахування додаткових витрат на гранулювання
Виробництво органомінеральних добрив [92]	Можливість підбором компонентів досягти заданого вмісту діючих речовин, потрібної кислотності. Збагачення органічними компонентами різного призначення (наприклад, гуміновими кислотами)	Промислове виробництво. Економічна доцільність використання золи як сировини
Застосування як сировини для виробництва калійних чи фосфорних добрив	Приведення до діючих стандартів агрономічної практики: збільшення вмісту діючих та зменшення баластних речовин, передбачувані фізико-хімічні характеристики, стандартні підходи до внесення в ґрунт	Промислове виробництво (або цех на ОЕЗ). Економічна доцільність використання золи як сировини

Інші способи обробки золи, що знаходяться на стадії дослідження:

- змішування з осадами стічних вод [93] або дигестатом з біогазових установок для покращення умов їх зневоднення та наступного використання як добрива;
- обробка леткої золи кислотою для екстрагування важких металів та інших небезпечних речовин з наступною обробкою вуглекислим газом, що утворюється як продукт згоряння палива [94];
- електродіалізне вилучення важких металів [95].

Досвід Данії свідчить, що зола в основному використовується в **необробленому вигляді**, оскільки використання відомих технологій її обробки є досить витратним. Проте, одна з датських компаній створила промислову лінію для обробки золи, отриманої при спалюванні соломи [96]. Щоправда, отримані добрива є занадто дорогими [73]. Ситуація може змінитись за умови суттєвого зростання ціни на мінеральні добрива.

Таким чином, в Україні необхідне проведення досліджень та розробка рекомендацій щодо найкращих методів поводження із золю, що забезпечують оптимальний баланс між вартістю такої обробки та споживчими якостями отриманого добрива.

5. Оцінка доцільності та можливостей використання золи як добрива

5.1. Порівняння ціни золи з традиційними мінеральними добривами

Якщо розглядати золу біомаси як «конкурента» калійних та фосфорних добрив, можна порівняти її ціну, що пропонується на українському ринку, з ціною звичайних добрив, в перерахунку на одиницю маси діючої речовини. Щоправда, такий розрахунок є лише орієнтовним, оскільки, по-перше, не враховує різницю в доступності для рослин діючих речовин золи і традиційних добрив. По-друге, традиційні калійні та фосфорні добрива можуть містити ще до 32% сполук сірки, що також є поживною речовиною для рослин. Але, оскільки сірка не входить до основних поживних макроелементів (N, P, K), та практично не міститься в золі, її вміст в традиційних добривах також не розглядається.

Ринкову ціну золи біомаси прийнято на рівні **1000 грн/т для всіх видів золи**.

Ціни деяких видів добрив та їх хімічний склад подано в додатках (**Додаток 7**).

Порівняння золи і традиційних добрив за ціною одиниці діючої речовини подано нижче (**Таблиця 5.1**).

Таблиця 5.1. Порівняння ціни діючих речовин традиційних добрив та золи біомаси

Добриво	Ціна, грн/т з ПДВ	K ₂ O, кг/т	P ₂ O ₅ , кг/т	N, кг/т	Всього д.р., кг/т	Ціна д.р., грн/кг	CaO, MgO кг/т	Ціна д.р з урахуван- ням CaO+ MgO, грн/кг
Калію сульфат	12000	400	—	—	400	30,0	45	26,97
Калію хлорид	10950	600	—	—	600	18,25	—	18,25
Калію монофосфат	44500	520	340	—	860	51,7	—	51,7
Суперфосфат простий	7000	—	190	—	190	36,8	200	17,9
Суперфосфат подвійний	11700	—	320	100	420	27,9	—	27,9
Суперфосфат потрійний	15300	—	460	—	460	33,3	220	22,5
Суперфосфат збагачений	12914	—	400	—	400	32,3	100	25,8
Фосфогіпс фасований	750	—	—	—	—	—	900	0,8
Доломітове борошно	5000	—	—	—	—	—	530	9,4
Вапняк меліоративний 0-1мм	360	—	—	—	—	—	900	0,4
ЗОЛА								
- деревини	1000	120	60	—	180	5,6	380	1,8
- соломи	1000	150	70	—	220	4,5	70	3,4
- соняшника	1000	320	40	—	360	2,8	20	2,6

Наведені дані показують, що **сума діючих речовин золи в 3-18 разів дешевша**, ніж в традиційних мінеральних добривах. Щоправда, **традиційні меліоранти**, такі як фосфогіпс та вапняк, в перерахунку на діючу речовину **дешевші, ніж зола**.

Також можна порівняти ціну золи і традиційних добрив на основі порівнянь її дії, що зустрічаються в літературі. Нагадаємо, що на думку деяких фахівців, **за своїм ефектом вапнування ґрунтів 4,4 тонни подової золи можуть замінити 1 тонну звичайного засобу для вапнування**, а щодо дії як добрива, **кожен кілограм її відповідає 220 г суперфосфату в гранулах, 240 г хлористого калію**.

Таким чином, можна ввести емпіричні співвідношення необхідної маси золи до суперфосфату як 4,55:1, золи до хлористого калію як 4,2:1; золи до меліорантів як 4,4:1. До речі, ці співвідношення приблизно відповідають співвідношенням вмісту відповідних діючих речовин в золі та традиційних добривах і меліорантах. Згідно цих співвідношень, ціна хлористого калію та суперфосфату, паритетна ціні золи за ефектом удобрення, мала б становити 4200 – 4600 грн/т, але, як ми бачимо з таблиці, вона вища за ці значення більше ніж в 2 рази. Що ж стосується традиційних меліорантів, то і при такому порівнянні вони дешевші, ніж зола.

Таким чином, якщо розглядати золу біомаси лише як меліорант, її застосування в цій ролі не є економічно виправданим. Але за ціновими показниками, зола біомаси цілком може бути дешевим заміном традиційних мінеральних добрив, з урахуванням особливостей її застосування, описаних раніше.

На основі статистики використання різних видів фосфорних та калійних добрив та їх ринкових цін (2020 р.), можна зробити висновок, що середньозважена ціна тонни калійних та фосфорних добрив, що використовуються в Україні, становить 10 750 грн/т (**Таблиця 5.2**). Тоді, **використання 1 т золи** буде еквівалентне близько 220 кг традиційних добрив, що в середньому **дозволяє зекономити на традиційних добривах близько 1300 грн, або 56% вартості** фосфорно-калійного добрива.

Таблиця 5.2. Статистика використання фосфорних та калійних добрив в Україні

Фосфорні та калійні добрива	Внесено в 2018 р. (Держстат)		Ціна (2020 р.), грн/т
	У фізичній масі, тис. т	В діючих речовинах, тис. т	
Суперфосфат подвійний	45,4	14,1	11700
Суперфосфат потрійний	7,2	3,3	15300
Фосфоритне борошно	1,9	0,6	5000
Добрива фосфорні інші	15,4	3,1	3100
Калімаг-30	4,1	1,2	5800
Калімагnezія	5,3	1,4	8750
Калійна сіль	2,2	0,8	5500
Сульфат калію	11,9	6,2	12000
Хлорид калію (хлористий калій)	38,3	23,0	10950
Добрива калійні інші	13,2	2,6	8678
Добрива комплексні фосфорно-калійні інші	53,1	21,2	10750
Всього	198,0	77,5	10245

5.2. Можливі обсяги використання (ємність ринку золи як добрива)

В 2018 році в Україні було використано **198 тис. т фосфорних та калійних добрив**. За умови теоретичного максимального заміщення цих добрив золою біомаси, згідно вказаних раніше співвідношень, знадобилось би близько 900 тис. т золи. Це значно перевищує не тільки оцінені поточні обсяги утворення золи (близько 70 тис. т), але й перспективні в 2035 році (близько 550 тис. т). Отже, за відповідних умов, **аграрний сектор міг би утилізувати всю золу біомаси**, що утворюється в промисловості та енергетиці.

Звичайно, через ряд особливостей її використання (див. п. 4.3), не вся зола біомаси може бути використана безпосередньо як калійно-фосфорні добрива. Але, **за умови її внесення разом з органічними добривами, або у вигляді органо-мінеральних добрив** (див. п. 4.4), можна значно

розширити використання золи біомаси, оскільки в цьому випадку вона перетворюється на **елемент комплексного добрива**. Якщо застосовувати рекомендовані [49] співвідношення кількості золи до перегною як 1:4, то, враховуючи обсяги внесення органічних добрив (в 2018 році – 10 675 тис. т, з яких 8 478 тис. т складає гній сільськогосподарських тварин), у вигляді суміші з перегноем (ферментованим гноем) теоретично може бути використана вся зола біомаси, що потребує утилізації.

Крім того, вирощування різних культур вимагає різних обсягів використання фосфорних та калійних добрив (**Рис. 5.1**). Найбільші обсяги використання припадають на соняшник, кукурудзу на зерно, пшеницю, цукровий буряк, ріпак (в сумі- 82,5% всього обсягу цих добрив).

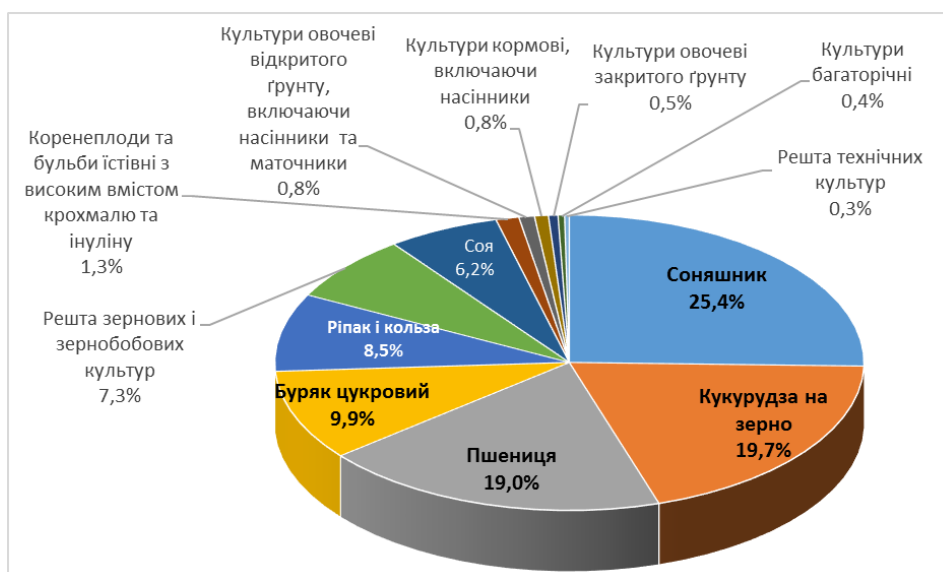


Рис. 5.1. Розподіл сільськогосподарських культур за обсягами використання калійних та фосфорних мінеральних добрив (2018 р.)

Проте, якщо розглянути «інтенсивність» використання калійних та фосфорних добрив, наприклад питоме використання на одиницю площі вирощування, виявиться, що є ряд культур, які за цим показником в багато разів відрізняються від середніх значень (**Таблиця 5.3**).

Таблиця 5.3. Питоме використання фосфорних та калійних добрив в Україні на одиницю удобреної площі під різні культури

Культури	Внесено фосфорно-калійних добрив у фізичній масі, тис. т	Удобрені площі, тис. га	Використання добрив, кг/га	Еквівалентна кількість золи біомаси, тис. т (коеф. перерах. 4,5)
Культури овочеві закритого ґрунту	1,0	0,2	5155,30	4,64
Коренеплоди та бульби їстівні з високим вмістом крохмалю та інуліну	2,5	12,1	207,36	11,29
Буряк цукровий	19,6	231,6	84,71	88,29
Культури овочеві відкритого ґрунту, включаючи насінники та маточники	1,7	27,6	60,93	7,57

Культури багаторічні	0,7	33,2	21,30	3,18
Ріпак і кольза	16,9	919,2	18,38	76,01
Кукурудза на зерно	39,0	3105	12,56	175,45
Соняшник	50,3	4132,1	12,17	226,30
Соя	12,2	1136,3	10,73	54,85
Решта зернових і зернобобових культур	14,4	1625,5	8,85	64,72
Пшениця	37,7	4492,7	8,39	169,67
Решта технічних культур	0,5	67,5	7,65	2,32
Культури баштанні продовольчі	0,0	1,4	0,00	0,00
Культури кормові	1,5	328,1	4,60	6,79
Сумарні та середні значення	198,0	16112,5	12,3 (сер.)	891,1

З наведених даних видно, що найбільшим питомим внесенням калійних та фосфорних добрив на одиницю площі **відрізняються овочеві культури закритого ґрунту, коренеплоди та бульби, буряк цукровий та овочеві культури відкритого ґрунту**. За фізичними обсягами внесення добрив, лідером серед цих чотирьох є цукрові буряки. Еквівалентна кількість золи біомаси для внесення як добриво лише для чотирьох вищеназваних напрямків становить в сумі 111 тис. т. Можна припустити, що саме для зазначених культур використання золи як добрива може принести більшу економію у вартості добрив на одиницю площі удобрення. Можна зробити і такий висновок: однією з додаткових переваг використання власної котельні на біомасі для тепличного господарства може бути можливість використання отриманої золи як добрива. Оскільки зола біомаси майже не містить хлору, особливо сприятливим може бути її використання для культур, що негативно реагують на його наявність в ґрунті.

5.3. Наскільки привабливий цей вид добрива для споживачів та виробників?

Очевидно, для того, щоб зола біомаси могла використовуватись як добриво у великих обсягах та стати товаром, вона має відповідати певним вимогам як виробника так і споживача. Що стосується споживачів, то вони будуть порівнювати споживчі якості золи біомаси з іншими видами добрив. **Зола як добриво має задовольняти наступним вимогам:**

- відповідати за своїм складом потребам рослин (задовольняє частково);
- діючі речовини мають бути в доступній для рослин формі (задовольняє частково);
- ефективність застосування як добрива має бути підтверджена (задовольняє частково);
- може легко вноситись в ґрунт в правильних дозах (задовольняє, якщо відомий хімічний склад);
- вміст важких металів знаходиться в дозволених межах (задовольняє, за умови контролю походження та хімічного складу);
- не мати запаху, не нести загрозу для безпеки людей та навколишнього середовища (задовольняє);
- бути придатним до зберігання (задовольняє за відповідних умов).

Крім того, для виробництва та продажу як добриво, препарат має бути внесений до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів.

Оскільки зола не повністю задовольняє всім необхідним умовам, її **недоліки мають компенсуватись ціною**. З формальної точки зору, зола в перерахунку на діючі речовини дешевша за традиційні мінеральні добрива. Це, безперечно, є фактором, сприятливим для розширення її використання. Проте, це не означає, що будь-яке агрогосподарство буде використовувати золу як

добриво лише тому, що вона дешевша. Багато залежить від спеціалізації господарства щодо вирощування тих чи інших культур, усталених агротехнічних прийомів, доступних обсягів та характеристик золи, тощо. Так, з наведених даних (**Таблиця 5.1**) видно що сумарний вміст калію і фосфору в золі деревини може бути в 1,2-2,0 разів меншим, ніж в золі соломи чи лушпиння соняшника. Це може зменшувати ціну деревної золи як добрива. І хоча вміст кальцію в ній у кілька разів вищий, ніж в золі соломи чи лушпиння соняшника, що покращує її якість як вапнявального матеріалу, ця перевага може не бути оцінена ринком, оскільки є більш дешеві матеріали для вапнування ґрунтів.

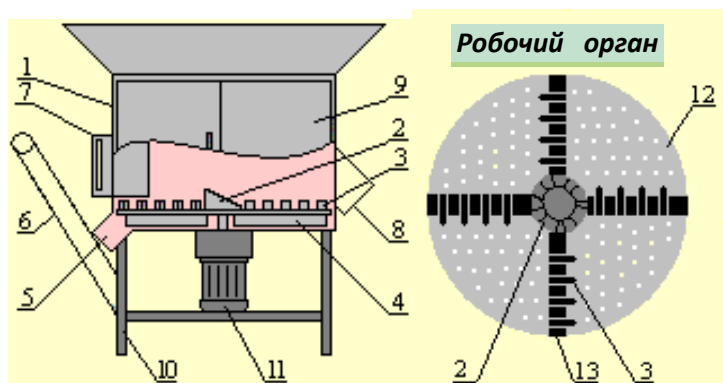
На думку ряду фахівців, внесення золи в ґрунт не вимагає якогось додаткового устаткування крім того, що вже є в агрогосподарствах. Для цього можна використовувати традиційні системи внесення мінеральних добрив. Всі види золи при суцільному внесенні по площі, що удобрюється, можна висівати звичайними туковими і вапняними сівалками, а також машинами для внесення мінеральних добрив [97]. Внесення золи в рядки можна виконувати зернотуковими сівалками.

Для транспортування і внесення пиловидних добрив, в тому числі золи, можна застосовувати машини АРУП-8 і РУП-8 (відповідно на автомобільній і тракторній тязі), МТП-8 і РУП-10 на базі автомобіля ЗІЛ-130/131 і трактора Т-150К та ін. Для транспортування і внесення непиловидних вапнякових добрив використовують самозвальні транспортні машини і кузовні розкидачі МВУ-5, МВУ-8, МВУ-16, КСА-3, МХА-7 та інші.

Але, як свідчить практика, **внесення золи біомаси в ґрунт традиційною технікою** для внесення добрив (розкидачі гранульованих та порошкоподібних добрив) **може не давати належного ефекту** – не забезпечується рівномірність внесення, складність регулювання норми внесення, утворення склепіння в бункері. Для виконання даної операції, як показали досліди [48], найбільш придатними є обпилювачі для внесення пилоподібних отрутохімікатів (наприклад, ОШУ-50). Вимоги по їх застосуванню і обслуговуванню такі ж, як і при внесенні отрутохімікатів. Внесення золи виконується перед поверхневим обробітком ґрунту багатослідними знаряддями або перед проведенням основного обробітку ґрунту. Для ефективної роботи обпилювача у якості машини для поверхневого внесення золи можливе застосовування сокироподібних наконечників, які більш рівномірно покривають поверхню ґрунту золою завдяки направляючим перегородкам. Також можливе застосування комбінованих розпилювачів, які забезпечують при внесенні золи одночасне її зволоження. В цьому випадку усередині циліндрового сопла встановлюють рідинний наконечник. Через циліндрове сопло видувається зола, яка змочується розпиленою рідиною, що виходить з рідинного наконечника.

Для подрібнення, просіювання та змішування золи можна використати подрібнювач злежаних добрив ИСУ-4 продуктивністю 4 т/год. (**Рис. 5.2**) [97], або іншу наявну для подібного використання машину. Машина навішується на трактори тягового класу 6-14 кН. Робочі органи приводяться в дію від ВВП трактора через карданну передачу. При роботі в стаціонарних умовах для приводу використовують електродвигун потужністю 7 кВт.

Для завантажування золи у розкидачі можна використовувати наявні у господарствах навантажувачі мінеральних добрив, наприклад шнековий транспортер ЗШ-3 продуктивністю 300 кг/хв., завантажувач ЗАУ-3 на базі автомобіля ГАЗ-53А. Також для вантажних робіт при переміщенні добрив з куп можна застосовувати навантажувач-екскаватор.



Позначення:

1 – ємкість; 2 – фреза; 3 – ножі; 4 – лопатки; 5 – вивантажувальне вікно; 6 – вивантажувальний транспортер; 7 – шибєр; 8 – вікно для вивантаження відходів; 9 – дверцята для обслуговування; 10 – рама; 11 – привід (від VOM або ел. двигуна); 12 – змінні сектори з отворами; 13 – хрестовина

Рис. 5.2. Подрібнювач злежаних добрив

При застосуванні у вигляді **рідкого добрива** (водна витяжка золи), добриво можна транспортувати та змішувати з рідкими відходами тваринницьких ферм (**Рис. 5.3**) [89], з наступним внесенням в ґрунт звичайними розкидачами гною.

Очевидно, важливе значення матиме набуття та популяризація позитивного досвіду використання золи біомаси як добрива, розроблення обґрунтованих рекомендацій щодо її застосування, включаючи поради щодо техніки та технології внесення в ґрунт.



Рис. 5.3. Використання золи як рідкого добрива

Що стосується можливих виробників та постачальників золи біомаси та добрив на її основі, в першу чергу це може бути вигідно при використанні золи **від великих теплогенеруючих установок**, особливо якщо вона видаляється з котлів механічним способом та менше забруднюється стороннім сміттям. На крупних підприємствах (котельних, ТЕЦ), особливо олійної галузі, є умови для організації окремих виробничих ліній не тільки для пакування золи, але і виробництва інших видів добрив на її основі (наприклад, гуматів).

На даний час практично немає можливості промислового використання золи від **маленьких котельних** комунального теплопостачання чи бюджетних закладів. Такі котельні, як правило, мають мінімум технологічного обладнання для операцій із золою, на них відсутні спеціальні умови для тривалого її зберігання, тому вона найчастіше знаходиться під відкритим небом на майданчику біля котельні або в кращому разі у контейнерах, куди попадає і побутове сміття. Виходом з цієї ситуації може бути запровадження вивозу такої золи машинами того ж підприємства, що вивозить її на полігони ТПВ, до складів спеціалізованих підприємств, що могли б займатись обробкою золи та виробництвом добрив (сортування, просіювання, змішування з іншими компонентами, упаковка). Доцільність організації таких підприємств потребує окремого розгляду. На даний час, розповсюдженою практикою є **безоплатна роздача такої золи місцевому населенню**, що використовує її як добриво на присадибних ділянках. Принаймні, таким чином зменшуються витрати підприємства на вивіз золи на сміттєзвалище.

В залежності від виду паливної біомаси, питомий економічний ефект для виробника тепла при реалізації подової золи за ціною 1000 грн/т може становити **від 4 до 25 грн на 1 Гкал** тепла, виробленого з біомаси (чим вища зольність палива, тим вищий ефект). При реалізації тепла споживачам за ціною 1200 грн/Гкал, виручка від продажу золи та економія на її видаленні становитиме **від 0,5 до 2,0%** від валового доходу за основним видом діяльності. Якщо за цих умов прийняти виробничу рентабельність діяльності з виробництва та постачання тепла, виробленого з біомаси, в межах 8-20%, економічний ефект від реалізації золи становитиме **від 2 до 28% прибутку від основної діяльності**.

5.4. Драйвери утилізації золи біомаси

Є ряд обставин, що в майбутньому сприятимуть вирішенню проблеми утилізації золи біомаси в Україні, включаючи її використання як добрива:

- Тенденція до запровадження поводження з відходами згідно принципів циркулярної економіки (повернення поживних речовин в коло природного кругообігу, зменшення потреби в мінеральній сировині).
- Збільшення використання паливної біомаси та, відповідно, утворення золи.
- Збільшення ставок податку за розміщення відходів на сміттєзвалищах.
- Зростання популярності органічного виробництва, внесення золи різних видів біомаси в перелік дозволених для використання в органічному виробництві.
- Дефіцит застосування калійних та фосфорних добрив, їх висока ціна.
- Залежність України від імпорту калійних та фосфорних добрив.
- Зростання світового дефіциту сировини для виробництва фосфорних добрив.
- Дефіцит землі для відкриття нових сміттєзвалищ.

Висновки та рекомендації

Згідно з проведеною оцінкою, при існуючому ступені енергетичного використання біомаси в Україні утворюється близько **67,5 тис. тонн** золи біомаси, не враховуючи золу з джерел індивідуального опалення у населення. Основним методом поводження із золою залишається її розміщення в золовідвалах та сміттєзвалищах, що є для підприємств досить дешевою опцією.

Зола біомаси містить ряд поживних речовин, що були увібрані рослинами з ґрунту та залишилися в золі після спалювання, зокрема, це фосфор та калій, що входять до переліку основних макроелементів, необхідних рослинам та мають суттєвий вплив на урожайність сільськогосподарських культур. Крім того, зола біомаси містить ряд інших важливих макро- та мікроелементів, що також необхідні рослинам. В залежності від походження, зола біомаси може містити до 36% сполук калію, до 7% сполук фосфору та більше 40% сполук кальцію.

Фізико-хімічні характеристики золи залежать як від характеристик біомаси, так і від способів її спалювання. Розрізняють подову, циклонну та фільтраційну золу виносу. Суттєві відмінності має фільтраційна зола від спалювання біомаси в киплячому шарі. Найбільш придатною для використання в сільському господарстві вважається подова зола.

Світовий досвід використання золи біомаси свідчить про різноманітні можливості її корисної утилізації, зокрема в технології будівельних матеріалів, дорожньому будівництві, а також як добриво та покращувач ґрунтів в сільському та лісовому господарстві. При цьому головними є принципи екологічної безпечності, а також економічної доцільності, що передбачає таке використання золи, яке найбільше співпадає з її фізико-хімічними характеристиками.

Модель циркулярної економіки, що набуває все більшої популярності в світі, базується на скороченні, повторному використанні та утилізації енергії, переході від викопного палива до використання ВДЕ, відновленні ресурсів, переробці вторинної сировини та збереженні природного кругообігу речовин, дотримання екологічних пріоритетів. Цілі циркулярної економіки знайшли своє відображення в презентованій Європейською Комісією в грудні 2019 року стратегії «Європейська Зелена Угода» (The European Green Deal). В українській Національній доповіді «Цілі Сталого Розвитку: Україна» передбачається, зокрема, забезпечення сталого використання хімічних речовин на основі інноваційних технологій та виробництв, а також зменшення обсягу утворення відходів та збільшення їх переробки та повторного використання на основі інноваційних технологій та виробництв.

В цьому сенсі, золу біомаси перш за все варто розглядати як джерело поживних елементів, що мають бути повернені в ґрунт. Проте, різноманітність її фізико-хімічних характеристик, що залежать як від характеристик біомаси, так і від способів її спалювання, вимагають пошуку найбільш раціональних способів її використання, що були б як економічно доцільними, так і екологічно безпечними.

Законодавство України на протязі багатьох десятиліть було зорієнтоване на штучні мінеральні добрива, оскільки питання використання золи біомаси в сільському господарстві було не суттєвим. Використання золи біомаси як добрива в Україні не має режиму повного сприяння. Це знайшло своє відображення в системі державної реєстрації агрохімічних засобів, що дає дозвіл на виробництво та використання добрив. На відміну від ряду європейських країн, де зола має законодавчі умови використання в сільському господарстві та лісовій галузі, в Україні вона повинна конкурувати з мінеральними добривами для можливості стати товаром та використовуватись в сільському господарстві.

Зола біомаси в Україні традиційно розглядається як місцеве добриво, що має бути використане там, де вона утворилась. Проте, основна її кількість утворюється в промисловості та теплової енергетиці, і ланцюжок, що має привести її назад в коло природного кругообігу речовин, виявляється розірваним. На даний час її використання як добрива досить обмежене і несистемне.

Попри історичний досвід використання золи біомаси як добрива, її агрономічна ефективність в умовах сучасного інтенсивного аграрного виробництва потребує додаткового підтвердження. Брак такої інформації особливо відчувається в Україні. Звертає на себе увагу дуже мала кількість сучасних вітчизняних експериментальних робіт та польових досліджень ефективності золи біомаси як добрива порівняно з кількістю таких робіт за кордоном. Зокрема, відсутні експериментально обґрунтовані вітчизняні рекомендації щодо масових співвідношень, згідно з якими можна заміщувати золою біомаси традиційні мінеральні добрива.

Бар'єрами для використання золи біомаси в сільському господарстві є ряд її характеристик, зокрема невелика, порівняно із штучними мінеральними добривами, концентрація поживних елементів, відсутність в її складі азоту, суперечливі дані щодо розчинності сполук кальцію та доступності для рослин сполук фосфору, занадто швидке розчинення сполук калію через малий розмір часток золи, висока лужність, зниження ефективності при одночасному застосуванні разом з азотними та фосфорними добривами, великий вміст інертного матеріалу, можливість перевищення дозвolenого вмісту важких металів, гігроскопічність та здатність до злежування при тривалому зберіганні, незручності при внесенні в ґрунт через низьку насипну щільність, малий розмір часток, пилоутворення, «зависання» в бункерах, тощо. Нестабільність хімічного складу та важкість рівномірного розподілу по площі заважає правильному дозуванню, що є однією з основ сучасної практики удобрення, орієнтованої на внесення заданих співвідношень речовин для збалансованого живлення рослин. Через названі причини агровиробники не проявляють великої зацікавленості в її використанні.

Існує ряд технологій та прийомів подолання цих негативних якостей. Деякі з них є давно відомими, наприклад використання водної витяжки золи, внесення золи разом з перегноем, додавання в компости з торфу або рослинних залишків, контрольоване зволоження та тривале зберігання для зменшення лужності. Інші технології є відносно новими: гранулювання, виробництво органіномінеральних добрив, гуматів, застосування як сировини для виробництва інших видів добрив. Вибір кращих технологій має забезпечувати досягнення оптимальних результатів агротехнічного застосування та прийнятний рівень витрат на виробництво для забезпечення конкурентних переваг порівняно з традиційними мінеральними добривами. Це, в свою чергу потребує теоретичних та практичних напрацювань, польових досліджень нових продуктів, розробку обґрунтованих рекомендацій по їх застосуванню. Також слід враховувати останні тенденції розвитку ринку добрив: орієнтація на висококонцентровані добрива, як односторонні, так і складні, а також на їх суміші, що містять задану кількість та співвідношення діючих речовин в залежності від величини запланованого урожаю, рідкі комплексні добрива, що актуально для посушливих регіонів, розробка нових органіномінеральних та гумінових добрив.

Також слід взяти до уваги зростання популярності в Україні та всьому світі органічного виробництва, що намагається звести до мінімуму використання штучних мінеральних добрив. Внесення золи різних видів біомаси в список речовин, дозволених в органічному виробництві, могло б стати додатковим драйвером її використання.

Ринок золи біомаси як добрива в Україні знаходиться на початковій стадії. Основна кількість наявних на ринку препаратів на основі золи біомаси не внесена в Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, а отже розрахована в основному на застосування на присадибних ділянках населення. Лише два препарати внесено в Державний реєстр, причому обидва на основі золи соняшника.

Ринкова ціна на золу біомаси на даний час становить 800-1000 грн/т, що в переліку на вміст діючих речовин забезпечує її конкурентоздатність як добрива, але не меліоранта, оскільки для цього є більш дешеві спеціалізовані препарати. За існуючих співвідношень цін мінеральних добрив та золи біомаси, використання **1 т золи в середньому дозволяє зекономити на традиційних добривах близько 1300 грн, або 56% вартості фосфорно-калійного добрива.**

Найбільший економічний ефект від заміщення золою біомаси традиційних добрив можна очікувати при її застосуванні для культур, найбільш вимогливих до калійно-фосфорного живлення, з найбільшою інтенсивністю внесення цих добрив на одиницю площі.

Для виробника теплової енергії, в залежності від виду біомаси та її зольності, а також рентабельності діяльності з виробництва та постачання тепла, **економічний ефект від реалізації золи може становити від 2 до 28%** прибутку від основної діяльності.

Потребує окремого розгляду питання щодо можливості використання золи біомаси з маленьких котельних, сумарна потужність яких суттєво перевищує потужність великих теплогенеруючих об'єктів на біомасі, що мають кращі можливості для реалізації золи як добрива.

Існує ряд факторів, що в майбутньому сприятимуть вирішенню проблеми утилізації золи біомаси в Україні, включаючи її використання як добрива:

- Дефіцит застосування калійних та фосфорних добрив, їх висока ціна.
- Залежність від імпорту калійних та фосфорних добрив.
- Зростання світового дефіциту сировини для виробництва фосфорних добрив.
- Дефіцит землі для відкриття нових сміттєзвалищ.
- Збільшення використання паливної біомаси та, відповідно, утворення золи.
- Збільшення ставок податку за розміщення відходів на сміттєзвалищах.
- Тенденція до запровадження поводження з відходами згідно принципів циркулярної економіки (повернення поживних речовин в коло природного кругообігу, зменшення потреби в мінеральній сировині).

Для розширення можливостей корисної утилізації золи біомаси, пропонується вести роботу за такими напрямками:

- Стандартизація золи біомаси як добрива. Визначення критеріїв якості та походження золи для відокремлення тієї, що не може бути використана як добриво.
- Внесення стандартизованої золи до «Переліку агрохімікатів, дозволених до ввезення на митну територію України, виробництва, торгівлі, застосування та рекламування без їх державної реєстрації».
- Розглянути доцільність запровадження для золи біомаси окремої схеми сертифікації та забезпечення якості, подібно до системи ECN-QAS, запровадженої Європейським Товариством виробників компосту для дигестату з біогазових установок [98].
- Обґрунтування найбільш раціональних способів утилізації в інших галузях промисловості тієї золи, що не відповідає вимогам її використання в сільському господарстві.
- Заохочення проведення польових досліджень ефективності золи біомаси як добрива.
- Пропозиція внесення золи різних видів біомаси до переліку речовин, дозволених до використання в органічному виробництві.
- Розробка систем логістики для залучення золи біомаси з невеликих котельних до їх корисної утилізації.
- Дослідження та розвиток технологій покращення споживчих якостей золи як добрива.
- Розробка різних видів добрив на основі золи біомаси під різні типи ґрунту та різні види сільськогосподарських культур, з акцентом на кислі ґрунти, а також культури, вимогливі до калійно-фосфорного живлення, з великою інтенсивністю внесення цих добрив на одиницю площі. Розробка рекомендацій щодо їх використання, включаючи

обґрунтовані співвідношення, згідно яких добривами на основі золи біомаси можна заміщувати традиційні мінеральні добрива.

- Підвищення обізнаності серед потенційних груп споживачів про можливості застосування золи біомаси як добрива, розробка відповідних рекомендацій, що включали б технології застосування з підтвердженою ефективністю. Популяризація успішного досвіду агровиробників як України, так і інших країн.
- Подальша гармонізація норм України з ЄС щодо виробництва добрив та їх застосування. Наприклад, впровадження Національного Регламенту, адаптованого до Регламенту ЄС EU Fertilising Products Regulation ((EU) 2019/1009).

Додатки

Додаток 1. Елементарний склад та вміст хімічних сполук в золі біомаси

Граничний вміст елементів в золах різних видів біомаси при різних технологіях спалювання, мг/кг сухої маси

Елемент	Всі типи золи			Подова зола			Летка зола			Суміш
	мін.	макс.	середн.	мін.	макс.	середн.	мін.	макс.	середн.	середн.
P	2	409000	15311	11	409000	26073	2	45025	9952	19912
K	24	465000	96058	142	336000	58059	234	417960	207918	60844
Ca	1	683356	219370	60	590000	269906	7	311959	129953	204585
Mg	98	160000	28467	2232	160000	38871	1	46985	17045	30795
Na	297	124715	6416	672	108000	6351	337	36735	9078	8532
S	150	140889	22753	150	137000	7511	2279	128540	45314	14478
Pb	1	48950	694	1	1890	63	12	6989	1066	137
Zn	8	113849	6436	8	3769	416	163	38916	12064	1560
Cd	1	451	40	1	24	2	1	155	57	10
As	1	130	15	1	31	7	2	40	13	24
Cl	2	467218	31014	4	18330	1632	830	351915	108096	3197

Характеристики золи соломи, спаленої на котлі з рухомою решіткою [99]

Речовина	Загальна зола	Подова зола			Циклонна зола			Фільтраційна зола		
		Діапазон		Сер. знач.	Діапазон		Сер. знач.	Діапазон		Сер. знач.
		мін.	макс.		мін.	макс.		мін.	макс.	
S, мг/кг	5508	3515	4293	3904	11749	12552	12150,5	27991	28309	28150
Cl, мг/кг		4144	13200	8417	39300	95951	71567,4	176000	282543	243303,4
Si, мг/кг	262740	333000	356000	344000	255000	277000	269333,3	66000	77000	72000
Ca, мг/кг	46462	118	59000	28049	72	52000	27431	12	18000	8606,6
Mg, мг/кг	18094	5000	16642	11340,8	5000	12000	8960	1630	4000	2640,8
K, мг/кг	196844	178	111000	51473,2	199	112000	52683,2	234	372000	210708,4
Na, мг/кг	9651									
P, мг/кг	19206	17	26700	9787,6	13	20800	8445,4	4	11900	5641,8
B, мг/кг										
Al, мг/кг	6353	2900	13100	6566,7	2800	9700	5133,3	200	800	466,7
Fe, мг/кг	8397	2300	7400	4666,7	6200	17000	10466,7	900	2100	1466,7
Mn, мг/кг		428	598	496,3	384	589	461	98	150	128
Cu, мг/кг	85	28	41	36,2	27	36	32,6	25	48	34,8
Zn, мг/кг	125	23	104	66,4	76	726	284,4	182	1139	584
Co, мг/кг	20	1	3	2	1	2	1,3			
Mo, мг/кг		1	4	3	3	4	3,7	7	11	9,3
As, мг/кг	32									
Ni, мг/кг	45	4	10	6,4	5	16	7,4	1	8	3,6
Cr, мг/кг	58	8	18	11	4	18	8,8	2	12	6,6
Pb, мг/кг	45	3	18	10,6	15	33	23	23	122	67
Cd, мг/кг	3	1	2	1,5	3	6	4,5	10	20	15,5

V, мг/кг	28									
Hg, мг/кг	5							1	2	1,5
Ba, мг/кг	90									
Ti, мг/кг	359									

Примітка: всі значення вказані для сухого стану соломи

Розширені хімічні склади золи після спалювання поширених видів деревної біомаси [100]

Найменування компоненти	Одиниці вимірювання	Види деревини							
		Береза	Бук	Верб	Дуб	Ялина	Міскантус	Сосна	Тополя
CO ₂	%	-	-	18,0	-	26,3	1,47	-	-
SO ₃	%	2,2	-	1,5	2,2	1,29	3,7	1,62	-
Cl	%	-	-	0,11	-	0,17	1,45	-	-
P ₂ O ₅	%	17,0	-	9,3	7,5	2,84	1,75	4,81	14,81
SiO ₂	%	2,8	20,0	15,0	2,3	8,5	63,0	23,53	9,22
Fe ₂ O ₃	%	0,7	1,4	0,92	0,5	0,78	0,36	2,14	-
Al ₂ O ₃	%	1,4	7,0	1,6	0,9	1,03	0,45	5,1	3,26
CaO	%	45,0	26,1	32,0	65,0	42,2	7,1	33,58	47,28
MgO	%	10,8	9,2	3,0	8,3	2,4	2,85	5,14	11,58
Na ₂ O	%	1,3	1,8	2,6	0,8	0,23	0,18	0,19	0,1
K ₂ O	%	11,4	23,5	17,0	9,9	7,3	14,8	12,05	24,37
TiO ₂	%	0,1	-	-	0,1	-	-	0,06	-
Pb	мг/кг	-	-	-	-	29,0	20,0	-	-
Cd	мг/кг	-	-	-	-	1,7	0,6	-	-
Cu	мг/кг	-	-	-	-	148,0	53,0	-	-
Hg	мг/кг	-	-	-	-	1,8	0,0	-	-
Mn	мг/кг	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	мг/кг	-	-	-	-	-	-	-	-

Розширені хімічні склади золи після спалювання поширених видів аграрної біомаси

Найменування компонента	Одиниці вимірювання	Види аграрних культур							
		Жито	Овес	Пшениця	Ячмінь	Лушпиння соняшнику	Кукурудза	Лушпиння рису	Солома ріпаку
CO ₂	%	7,1	6,7	1,3	2,5	-	-	-	13,0
SO ₃	%	4,19	2,97	2,9	4,43	1,3	2,2	0,77	14,0
Cl	%	7,15	13,1	2,1	11,9	-	-	0,73	5,96
P ₂ O ₅	%	4,85	1,77	1,9	2,73	4,8	0,66	0,87	7,86
SiO ₂	%	23,2	16,9	56,3	33,8	16,6	71,7	89,39	4,1
Fe ₂ O ₃	%	0,22	0,42	0,6	0,28	2,1	7,1	0,4	0,75
Al ₂ O ₃	%	0,23	0,61	0,5	0,28	2,9	0,46	0,22	0,28
CaO	%	9,7	6,9	6,3	8,3	15,8	2,7	1,3	24,9
MgO	%	1,87	1,72	1,4	2,22	6,1	0,33	0,57	3,14
Na ₂ O	%	0,12	7,52	0,2	4,11	1,5	-	0,35	1,37
K ₂ O	%	28,9	31,8	12,6	26,1	35,6	10,28	5,04	25,4
TiO ₂	%	-	-	-	-	0,1	-	0,02	-
Pb	мг/кг	3,0	2,0	-	2,0	-	-	-	3,0
Cd	мг/кг	0,1	-	-	0,2	-	-	-	0,1
Cu	мг/кг	34,0	26,0	-	36,0	-	-	-	36,0
Hg	мг/кг	-	-	-	-	-	-	-	-
Mn	мг/кг	-	-	-	-	-	-	1859,0	-
Cr	мг/кг	-	-	-	-	-	-	342,0	-

Додаток 2. Список ДСТУ щодо будівельних матеріалів з використанням золи-виносу

ДСТУ Б В.2.7-205:2009 "Будівельні матеріали. Золи-виносу теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови.

Цей стандарт поширюється на золи-виносу (далі - золи) сухого відбирання, які утворюються на теплових електростанціях в результаті спалювання вугілля у пилоподібному стані і які застосовують як компонент для виготовлення важких, легких, ніздрюватих бетонів і будівельних розчинів, а також як тонкомелену добавку для жаростійких бетонів і мінеральних в'язучих для приготування сумішей в дорожньому будівництві. Стандарт не поширюється на золу, яка утворюється від спалювання горючих сланців.

ДСТУ Б В.2.7-211: 2009 Будівельні матеріали. Суміші золошлакові теплових електростанцій для бетонів. Технічні умови.

Цей стандарт поширюється на золошлакові суміші, які утворюються на теплових електростанціях при сумісному гідровидаленні золи і шлаку в процесі спалювання вугілля в пилоподібному стані і які застосовують як компонент для виготовлення будівельних розчинів, а також важких, легких та ніздрюватих бетонів для збірних і монолітних бетонних та залізобетонних конструкцій та виробів. Стандарт не поширюється на золошлакові суміші для бетонів гідротехнічних споруд, труб, шпал, опор ЛЕП та спеціальних видів бетонів.

ДСТУ Б В.2.7-281:2011. Цементи. Класифікація (компонент портландцементу).

ДСТУ Б В.2.7-43-96. Бетони важкі. Технічні умови (як дрібний заповнювач для бетонів).

ДСТУ Б В.2.7-18-95. Бетони легкі. Загальні технічні умови (як заповнювач для бетонів).

ДСТУ Б В.2.7-45:2010. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови (в'язучий матеріал).

ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови (в'язучий матеріал, заповнювач).

ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.

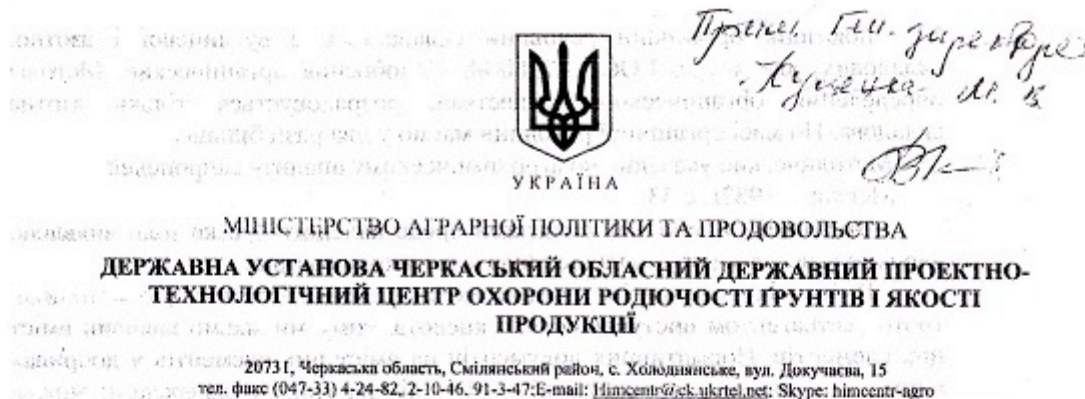
Загальна придатність добавок типу ІІ (активні мінеральні) має відповідати вимогам стандартів: зола-винесення – EN 12390-3, EN 450.

EN 450:1944 Fly ash for concrete – Definitions, requirements and quality control. Розглядається зола виносу при пиловому спалюванні вугілля та сумісному спалюванні інших матеріалів.

ДСТУ Б В.2.7-25_2011 Бетони важкі лужні. Технічні умови (як дрібний заповнювач для бетонів).

ДСТУ EN 14227-3:202_(EN 14227-3:2013, IDT). Суміші, укріплені гідравлічним в'язучим. Технічні умови. Частина 3. Суміші дисперсні, укріплені золою-винесенням.

Додаток 3. Смілаенергопромтранс – висновок про якість деревної золи



ЗАКЛЮЧЕННЯ ПРО ЯКІСТЬ ЗОЛИ З ДЕРЕВИНИ

№ 48/04-2

25. 01. 2012 р.

Реєстраційний номер 2/1

Дата одержання на аналіз 12.01.2012р.

Замовник ТОВ «Смілаенергопромтранс», м. Сміла

Дата відбору 12.01.2012р.

У представленому замовником зразку виявлено:

Показники	Вміст		Метод визначення
	На натуральну вологу	На абсолютно сухий стан	
Волога, %	1,3	0	ГОСТ 26713-85
Кислотність, од. рН	14,0		ГОСТ 27979-88
Азот загальний, %	0	0	ГОСТ 26715-85
Фосфор загальний, %	1,3	1,3	ГОСТ 26717-85
Калій загальний, %	4,0	4,1	ГОСТ 26718-85
Зола, %		86	ГОСТ 26714-85
Органічна речовина, %		7*	ГОСТ 27980-88
Сірка, %	0,32	0,32	**
Мідь, мк/кг	45,2	45,8	СТ СЭВ 3365-81
Цинк, мг/кг	113,7	115,2	СТ СЭВ 3368-81
Свинець, мг/кг	51,1	51,8	ГОСТ 26929-94
Кадмій, мг/кг	6,2	6,2	ГОСТ 26929-94
Марганець, мг/кг	7877,0	7980,0	СТ СЭВ 3366-81
Кобальт, мг/кг	12,8	13,0	СТ СЭВ 3364-91
Бор, мг/кг	30,0	30,4	СТ СЭВ 3363-81
Залізо, мг/кг	7315,0	7411,0	ГОСТ 26929-94

Додаток 4. Огляд існуючих граничних значень (обов'язкові мінімальне і максимальне значення) для важких металів і поживних речовин золи біомаси для застосування як добрива на сільськогосподарських та лісових землях у різних країнах [4]

	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

¹ Німеччина: тільки подова зола може використовуватися як добриво; граничні значення не стосуються золи з деревини, що виключно утилізується на лісових землях. "K-fertilizer" (K-добриво) повинно вміщувати мінімальну частку 10% K₂O. "Ca-fertilizer" (Ca-добриво) повинно вміщувати 15% CaO, "P-K fertilizer" (P-K добриво) повинно вміщувати мінімальну частку 2% P₂O₅ та 3% K₂O та "N-P-K fertilizer" (N-P-K добриво) повинно вміщувати мінімальну частку 3% N, 2% P₂O₅ та 3% K₂O. "Nutrient-fertilizer" (Поживне-добриво) повинно включати мінімальний вміст (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).

² Австрія: Class A/Class B (Клас А/Клас В): зола, що відповідає граничним значенням Класу А може використовуватися без хімічного аналізу ґрунту, зола з вмістом важких металів між граничними значеннями Класу А та Класу В може використовуватися після хімічного аналізу ґрунту, який свідчить що використання золи безпечно відповідно до вмісту важких металів.

³ Данія: ^a – зліва вказано допустиме значення Cd для золи з солом / справа допустиме значення Cd 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 сільськогосподарських землях (AGR) / праві значення для використання на лісових землях (FOR). Мінімальний вміст поживних елементів для використання у лісівництві 2% (K+P) та 6% Ca. Для іншого використання, включаючи сільське господарство, садівництво та озелененні, необхідно забезпечувати число нейтралізації, що повинно бути мінімум 10% (Ca).

Додаток 5. Середні норми мінеральних добрив під сільськогосподарські культури, кг/га по діючій речовині (Лісостеп України) [101]

№ п/п	Сільськогосподарські культури	Рівень урожайності, ц/га	Ґрунти	Норми мінеральних добрив		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	Озима пшениця	55	Чорноземи типові	90	90	60
		50	Чорноземи опідзолені			
		50	Темно-сірі опідзолені	120	90	90
		45	Ясно сірі, сірі лісові	120	120	90
2.	Озиме жито	45	Чорноземи типові	60	60	40
		40	Чорноземи опідзолені	60	90	60
		40	Темно-сірі опідзолені			
3.	Яра пшениця	45	Ясно сірі, сірі лісові	90	90	90
		45	Чорноземи типові	60	60	45
		45	Чорноземи опідзолені	90	60	45
4.	Ярий ячмінь	40	сірі лісові	90	60	90
		40-45	Чорноземи типові	60	60	40
		40-45	Чорноземи опідзолені	60	90	60
		40	Темно-сірі опідзолені	60	90	60
5.	Овес, просо	40	сірі лісові	90	90	90
		35	Чорноземи типові	60	60	60
		35	Чорноземи опідзолені	60	60	60
6.	Гречка	25	Чорноземи опідзолені	45	60	45
		25	сірі лісові	90	90	90
7.	Кукурудза на зерно	40	Чорноземи типові	90	90	90
		40	Чорноземи опідзолені	90	90	60
		40	Ясно сірі, сірі лісові	120	120	90
8.	Зернобобові	25	Чорноземи типові	30	60	60
		20	сірі лісові	30	60	60
9.	Озимий ріпак	25-30	Чорноземи типові	120	70	140
		15	сірі лісові	45	45	60
10.	Цукрові буряки	450	Чорноземи типові	160	170	150
		400	Чорноземи опідзолені	160	170	150
		400	Темно-сірі опідзолені	170	160	180
11.	Картопля	250	Чорноземи типові	90	120	120
		300	сірі лісові	120	180	180
12.	Соняшник	25	Чорноземи типові	60	60	60
		20	сірі лісові	60	60	60
13.	Кукурудза на силос	350	Чорноземи типові	90	60	60
		350	сірі лісові	120	90	90
14.	Кормові коренеплоди	350	Чорноземи типові	140	120	120
15.	Багаторічні трави на зелену масу:	250	Чорноземи типові	-	60	60
		200	сірі лісові	-	60	60
		200	Чорноземи типові	60	60	60
		180	сірі лісові	60	60	60
16.	Однорічні трави		Чорноземи типові	90	60	60
			сірі лісові	90	60	60

Додаток 6. Найважливіші види мінеральних добрив [102]**1. Найважливіші комплексні добрива**

Назва добрив	Головні компоненти	Вміст основних діючих речовин
Суперфосфат амонізований	$\text{CaHPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$	1,5–3 % N, >14% P_2O_5
Амофос	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	10-12%N, 46-50 % P_2O_5
Амофоска	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$	21–25 % N. 20–25 % P_2O_5
Диамофос	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	20-21 % N, 50-53% P_2O_5
Нітроамофос	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	по 24% N та P_2O_5
Нітроамофоска, азофоска	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$	15-22% N, 11-21% K_2O та 9-21% P_2O_5
Калій нітрат	KNO_3	13-18 %N, 46% K_2O
Карбоамофоска	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$	по 19,8 % N, K_2O та P_2O_5
Нітрофоски	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 + \text{KNO}_3 +$	15–24% K_2O
	$\text{NH}_4\text{Cl} +$ (або $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ або	17–18,5 % N. P_2O_5 і K_2O
	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ або CaCO_3	По 18–20 % N. P_2O_5 і K_2O
Магній амоній-фосфат	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (NH_4PO_3) _n	11–20 % N. 8–16 % P_2O_5
Амоній поліфосфат	$(\text{NH}_4)_5\text{O}_{10} + (\text{NH}_4)_4\text{P}_2\text{O}_7 + (\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7 +$ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	35 % P_2O_5 , 18 % MgO , 17 % N. 80 % P_2O_5 12–25% N. 53– 61 % P_2O_5

2. Найважливіші азотні добрива

Назва добрив	Головні компоненти	Вміст основних діючих речовин
Аміак рідкий	NH_3	82,3 % N
Аміак водний	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	16,5–20,5 %N
Карбамідно-аміачна суміш	розчин NH_4NO_3 в $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	28–32 %N
Карбамідо-формальдегідне	$\text{NH}_3\text{CONHCH}_3$	33–42 % N
Амоній нітрат (аміачна селітра)	NH_4NO_3	32–35 % N
Амоній сульфат	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	19,9–21 %N
Кальцій нітрат	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	13–15 % N
Натрій нітрат	NaNO_3	15–16 % N

3. Найважливіші фосфорні добрива

Назва добрив	Головні компоненти	Вміст основних діючих речовин
Суперфосфат подвійний	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$	40–52 % P_2O_5
Суперфосфат простий	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4$	14–21 % P_2O_5
Знефторений фосфат	$3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$	20–38 % P_2O_5
Преципітат	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	27–40 % P_2O_5
Фосфоритне борошно	$\text{Ca}_3\text{F}(\text{PO}_4)_3$	16–35 % P_2O_5
Фосфатні шлаки	$4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$	14–20 % P_2O_5

4. Найважливіші калійні добрива

Назва добрив	Головні компоненти	Вміст основних діючих речовин
Калій хлорид	KCl	50–62 % K_2O
Змішані	KCl+NaCl; KCl+MgSO ₄	30–42 % K_2O
Калій сульфат	K ₂ SO ₄	48–52 % K_2O

Додаток 7. Ціни фосфорних, калійних добрив та меліорантів

Добриво	Хім. склад	Ціна, грн/т з ПДВ	Упаковка, кг	Виробник
Калію сульфат	калій (50%), сірка (18%), магній (3%), кальцій (0,4%)	20 000-24 000	500	Хімпродукт ТД ТОВ, м. Київ www.tdchem.com.ua ТД Агрохімпром, ТОВ, м. Дніпро Agroglass, м. Каменське
Калію сульфат (Любополон)	K ₂ O - 40% MgO - 4% CaO - 4,5% SO ₃ - 13%	11 837	500	Вир-во Любополон, Польща https://ukragrozakaz.com.ua/p1026074660-sulfat-kaliya-granula.html
Калію хлорид	K ₂ O % 60	12 807	500	Вир-во Любополон, Польща https://ukragrozakaz.com.ua/p632196010-kaliynaya-sol-hlorid.html
Калію хлорид	K ₂ O % 60	10 950	1000	вир-ва Білорусь https://selitra.biz/p616274123-kalij-hloristyj-rozovyj.html
Калію хлорид	K ₂ O % 60	10 800	500	Добрива, ООО, м. Херсон https://herson.flagma.ua/kaliy-hloristy-o2467086.html
Калію монофосфат	P ₂ O ₅ -52% K ₂ O-34%	44 500	25	Вир-во Китай, Постач: Dobriva, м. Каменське https://dobriva.dp.ua/product/monofosfat-kaliya/
Суперфосфат простий	P ₂ O ₅ -19%, CaO- 20%, SO ₃ -32%	6 000-7 200	500	Вир-ва «Siarkopol», Польща Постач.: Укрхімпром -2005, ПП https://cherkassy.flagma.ua/superfosfat-prostoy-superfosfat-p-cas-19-20-o5864237.html
Суперфосфат подвійний	32% P ₂ O ₅	12 500 – 12 700	500	Агрокомпания, ТОВ, Дніпро https://dnepropetrovsk.flagma.ua/uk/dvoynoy-superfosfat-np-12-24-12-s-o3500623.html
Суперфосфат подвійний	32% P ₂ O ₅ 10% N 18% SO ₃	11 700	500	ПАО Дніпровський з-д мінеральних добрив Постач: Dobriva, м. Каменське https://dobriva.dp.ua/produksiya/dvojnoj-superfosfat-2/
Суперфосфат потрійний	46% P ₂ O ₅	15 300		https://hectare.ua/ru/internet-magazin/product/view/22/4782
Суперфосфат збагачений	40% P ₂ O ₅	12 914 (445 Євро/т)	500	ТМ Super Fos Dar Постач.: ВВМ Трейдинг, ТОВ, Суми https://sumy.flagma.ua/uk/super-fos-dar-superfosfat-zbagacheniy-40-super-o7619058.html
Фосфогіпс фасований	сульфат кальцію – 90 % фосфор – 1 % сірка – 20 %	750	820	Постач: Dobriva, м. Каменське https://dobriva.dp.ua/product/fosfogips-fasovanyj/

Доломітове борошно	Ca 32% Mg 21% гумати 2%	5 000	500	вир. УкрЮгимпекс https://prom.ua/p1000242809-organicheskoe-udobrenie-dolomit.html
Вапняк меліоративний для вапнування ґрунтів 0-1мм	карбонати кальцію і магнію, - не менше 90%, в т.ч. кальцію, не менше 34% нерозчинного залишку ≤ 2%	330-360		ФОП Хован Світлана Анатоліївна https://prom.ua/p1044728388-vapnyak-meliorativnij-dlya.html ПАТ "ГІПСОВИК", м. Кам'янець-Подільський

Література

- 1 Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй, 1987, с. 43.
- 2 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>.
- 3 <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>.
- 4 Норберт Вильдбахер Утилизация золы котельных, работающих на древесном топливе - МИНСК, 2007. — 28 с.
- 5 James, Adrian & Thring, Ronald & Helle, Steve & Ghuman, Harpuneet. (2012). Ash Management Review—Applications of Biomass Bottom Ash. Energies. 5. 10.3390/en5103856.
- 6 The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing / Edited by Sjaak van Loo and Jaap Koppejan — Earthscan, 2008. — 465 p.
- 7 ТУ У 15.4 — 36813695 — 002:2010 Гранули паливні з лушпиння соняшнику.
- 8 С. Станковски, Р. Мациоровски, М. Гибжинска. Золошлаки от сжигания биомассы — ценные побочные продукты или отходы?//Технологический университет Западной Померании, Щецин, Польша.
- 9 Beata Gołuchowska, Jarosław Sławiński, Grzegorz Markowski. Biomass utilization as a renewable energy source in polish power industry — current status and perspectives./ Journal of Ecological Engineering. Volume 16, Issue 3, July 2015, pages 143–154. DOI: 10.12911/22998993/2948.
- 10 Recycling of biomass ashes in crop production. Editors: Insam, Heribert, Knapp, Brigitte A. (Eds.) Springer. 2011, VIII, 164 p.
- 11 http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/uv_zaklass_18u.xls.
- 12 Гелетуша Г.Г. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Презентація на XV-й Міжнародній конференції «Енергія з біомаси», Київ, 24-25 вересня 2019 р.
- 13 Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року <https://menr.gov.ua/news/34424.html>.
- 14 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96>; <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va089217-96>; <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/vb089217-96>.
- 15 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>.
- 16 Податковий кодекс України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.
- 17 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/222-19>.
- 18 Наказ Мінприроди №287 від 05.06.2008 «Про затвердження Переліку науково-дослідних установ та організацій, які проводять державні випробування препаратів». <https://menr.gov.ua/documents/2001.html>.
- 19 Постанова КМУ N 295 від 4 березня 1996 р. «Порядок проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації, видання переліків пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/295-96-%D0%BF>.
- 20 Наказ Мінприроди №595 від 20.11.2008 «Про затвердження Розміру плати за проведення експертизи, державної реєстрації та перереєстрації пестицидів і агрохімікатів». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1164-08>.
- 21 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19>.
- 22 <https://agro.me.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-pereliku-rechovin-ingrediyentiv-komponentiv-shcho-dozvolyayetsya-vikoristovuvati-u-procesi-organichnogo-virobnictva-ta-yaki-dozvoleni-do-vikoristannya-u-granichno-dopustimi>.
- 23 <https://menr.gov.ua/content/derzhavniy-reestr-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-do-vikoristannya-v-ukraini-dopovnnennya-z-01012017-zgidno-vimog-postanovi-kabinetu-ministriv-ukraini-vid-21112007--1328.html>.
- 24 https://agro-market.net/ua/catalog/item/universalnoe_mineralnoe_udobrenie_drevesnaya_zola_tm_agro_x_1kg/.
- 25 <https://leto.ua/ua/product/15539>.
- 26 <https://agreemarket.com.ua/zola-drevesnaja-1-kg.html>.

- 27 <https://ogorod.ua/shop/9556/imgs/drevesnaja-zola>.
- 28 <https://prom.ua/p1160932537-udobrenie-zola-pepel.html>.
- 29 <https://sza.prom.ua/p883411744-prajm-eko.html>.
- 30 http://gileya.com.ua/product/popil_sonjashnika_1kg.
- 31 https://www.leroymerlin.ua/p/Dobryvo_Popil_soniashnyka_2_l.11742304.
- 32 <https://florium.ua/ua/tov-popil-sonjashnika-1-l/>.
- 33 https://agrovektor.com/physical_product/1778545-popil-sonyashnika-2-kg.html.
- 34 <https://niva.biz.ua/p585527003-popil-sonyashnika-vapno.html>.
- 35 <https://izi.ua/p-86565-popil-zola>.
- 36 <https://dnepropetrovsk.flagma.ua/1318022/>.
- 37 <https://agropolit.com/news/11629-u-dnipro-zbuduyut-tes-na-lushpinni-sonyashniku>.
- 38 Options for increased use of ash from biomass combustion and co-firing. IEA Bioenergy: Task 32: Biomass Combustion and Cofiring/ Deliverable D7.
- 39 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=EN>.
- 40 Мірошніченко М.М. Дев'ять наблизень сучасної системи удобрення сільськогосподарських культур. ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського", 2018. — 24 слайди.
- 41 І.У.Марчук, В.М.Макаренко та ін. Добрива та їх використання. Довідник.
- 42 <https://propozitsiya.com.ua/shcho-vidbuvayetsya-na-rynku-dobryv>.
- 43 <https://agro.bio/organomineralnye-udobreniya-i-himicheskaya-harakteristika-guminovyh-kislot>.
- 44 Ходаківська О.В., Корчинська С.Г. Ефективність застосування органічних і мінеральних добрив у сільському господарстві. Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки».
- 45 <http://agroconf.org/content/ne-dobri-perspektivi-na-rinku-dobriv>.
- 46 <https://infoindustria.com.ua/dmitro-gordiychuk-vnutrishniy-rinok-mindobriv-duzhe-zalezniy-vid-zovnishnih-faktoriv/>.
- 47 Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник, Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
- 48 Довжик, М. Я. Дослідження використання солом'яної біомаси з метою зменшення техногенного навантаження / М. Я. Довжик, Ю. І. Семірненко, С. Л. Семірненко. - С .154-158.// Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". Випуск 6 (24), 2012: науковий журнал. - Суми : СНАУ, 2012. - 211 с.
- 49 Гловин Н.М., Чорна Н.З. «Зола як альтернативне добриво підвищення родючості ґрунту». Національний університет біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» УДК-543.3.
- 50 Чем полезна зола? Стаття. Советская Белоруссия № 248 (25130). Суббота, 23 декабря 2016. <https://www.sb.by/articles/zola-pomoshchnitsa.html>.
- 51 Adrian K. James, Ronald W. Thring, P. Michael Rutherford 1 & Steve S. Helle. Characterization of Biomass BottomAsh from an Industrial Scale Fixed-Bed Boiler by Fractionation.// Vol. 3, No. 2 (2013), Energy and Environment Research.
- 52 Olivia Saunders. Guide to Using Wood Ash as an Agricultural Soil Amendment.// University of New Hampshire, Spring 2014.
- 53 Risse, M., Harris, G. 2013. Best Management Practices for Wood Ash as Agricultural Soil Amendment. The university of Georgia cooperative extension. College of agricultural and environmental sciences & college of family and consumer sciences. UGA Cooperative Extension Bulletin. 1142. 1-4.
- 54 Довідник по удобренню сільськогосподарських культур / За редакцією П.О. Дмитренка, Б.С. Носка // К.: Урожай, 1987. — 209 с.
- 55 В. Василенков. Безвідходна технологія отримання теплоти зі спресованої соломи та утилізація попелу/ Агрономія Сьогодні / Вівторок, 04 вересня 2018. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/11345-bezvidkhodna-tekhnohohiia-otrymattia-teploty-zi-spresovanoi-solomy-ta-utylizatsiia-popelu.html>.
- 56 <https://agrotema.kyiv.ua/uk/zola-drevesnaya-1kg.html>.

- 57 Мандро, Ю., Вінічук, М. Деревний попіл як засіб зниження переходу ^{137}Cs із ґрунту в рослини горобини звичайної (*Sorbus aucuparia* L.) та крушини ламкої (*Rhamnus frangula* L.) в лісових екосистемах Полісся України / Ю. Мандро, М. Вінічук // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки / Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки ; редкол.: І. Я. Коцан [та ін.]. - Луцьк, 2015. - № 12 : Серія : Біологічні науки. - С. 19-25.
- 58 Босак В.Н., Марцуль О.Н., Серая Т.М., Богатырева Е.Н. Применение древесной золы в питании растений // Тр. БГТУ: Лесн. хоз-во. 2012. № 1. С. 158–160.
- 59 Булышева, А. В. Применение золы ТЭЦ Монди СЛПК в сельском хозяйстве и строительстве Республики Коми / А. В. Булышева, О. Е. Мишарина, Л. М. Уляшева. - С.36-38// "Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии", международная научная конференция молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов (49 ; 2015 ; Москва).
- 60 Schiemenz, K., Eichler-Lobermann, B., 2010. Biomass ashes and their phosphorus fertilizing effect on different crops. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 87, 471-482.
- 61 Patterson, S. J., Acharya, S. N., Thomas, J. E., Bertschi, A. B., & Rothwell, R. L. (2004). Barley Biomass and Grain Yield and Canola Seed Yield Response to Land Application of Wood Ash. *Agronomy Journal*, 96(4), 971.
- 62 Krejzl, J. A., & Scanlon, T. M. (1996). Evaluation of Beneficial Use of Wood-Fired Boiler Ash on Oat and Bean Growth. *Journal of Environment Quality*, 25(5), 950.
- 63 Pavla Ochecová, Pavel Tlustoš, Jiřina Száková. Effect of Cadmium in Wood Ash on Spring Wheat Vitality: pot experiment/ *Materials Science* 2013.
- 64 А. Запаловська, К. Кугляж, У. Башуцька. Вплив попелу з біомаси на ріст зернових культур/ Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць.
- 65 Roman Waclawowicz. Rolnicze wykorzystanie Popiołów ze spalania Biomasy. Презентація (польською), 44 сл.
- 66 Khan, M.J. and Qasim, M. Integrated use of boiler ash as organic fertilizer and soil conditioner with NPK in calcareous soil . *Songklanakarin J. Sci. Tech.* 30 (3): 281-289 (2008).
- 67 Cruz Paredes, C, Lopez Garcia, A, Rubæk, GH, Hovmand, MF, Sørensen, P & Kjøller, R 2017, 'Risk assessment of replacing conventional P fertilizers with biomass ash: residual effects on plant yield, nutrition, cadmium accumulation and mycorrhizal status', *Science of the Total Environment*, vol. 575, pp. 1168-1176.
- 68 Fuel Flexible, Efficient and Sustainable Low Temperature Biomass Gasification// Final report v. 1.0, EUDP project 64011-0337/ Technical University of Denmark.
- 69 M.Fernández-Delgado Juárez et al. Long-term effects of biomass ashes, composts and digestates, and their combination on soil chemical and biochemical parameters, plant yield and soil microbiome.// 21st EGU General Assembly, EGU2019, Proceedings from the conference held 7-12 April, 2019 in Vienna, Austria, id.8190.
- 70 Clapham, W. M., & Zibilske, L. M. (1992). Wood ash as a liming amendment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 23(11-12), 1209–1227.
- 71 Ohno, T., & Susan Erich, M. (1990). Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 32(3-4), 223–239. doi:10.1016/0167-8809(90)90162-7.
- 72 Norbert Wildbacher. BYE/03/G31 Project “Biomass Energy for Heating and Hot Water Supply in Belarus”. Fact sheet ash utilisation. Graz, June 2007.
- 73 R.J. van Eijk (KEMA). IEA Bioenergy Task 32/Deliverable D4. Options for increased utilization of ash from biomass combustion and co-firing. Arnhem, March 5, 2012.
- 74 Зола деревная - ценнейшее универсальное удобрение.
<https://fialka.tomsk.ru/forum/viewtopic.php?t=17908>.
- 75 Żelazny, Sylwester Eugeniusz ; Jarosiński, Andrzej. The evaluation of fertilizer obtained from fly ash derived from biomass.// *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* 35(2), 139–152.

- 76 S. Phongpan & A.R. Mosier. Impact of organic residue management on nitrogen use efficiency in an annual rice cropping sequence of lowland Central Thailand.// Nutrient Cycling in Agroecosystems volume 66, pages 233–240 (2003).
- 77 Roman Waclawowicz. The effect of ashes from biomass combustion on infection of spring wheat by *Gaeumannomyces graminis*. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 52 (2): 397-400.
- 78 Pels J.R., De Nie D.S., Kiel J. H.A. 2005. Utilization of ashes from biomass combustion and gasification. 14th European Biomass Conference & Exhibition, Paris, France, 17-21 October 2005.
- 79 Зола как удобрение для винограда-форум/<https://forum.vinograd.info/archive/index.php?t-3507.html>
- 80 Е. Зуева. Зола чаще может навредить почве, чем ее удобрить. Почему зола опасна для удобрения участка [консультация специалиста]/<https://www.kp.by/daily/25855/2824259/>.
- 81 Спалювання сухих рослинних залишків – небезпека для життя, здоров'я людини та навколишнього природного середовища (соціальна реклама)/ <https://bukoda.gov.ua/new/376>.
- 82 ASH UTILISATION\ Abo Akademi University. Presentation. 46 slides.
- 83 J.R. Pels. Overview of options for utilization of biomass ash. BioGeoCivil Summit 2015/ November 2015
- 84 Carević, I., Štirmer, N., Pecur, I.B., Milovanovic, B., Baričević, A., & Rukavina, M.J. (2017). Potential of use wood biomass ash in the cement composites.// Proceedings of the 1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future, Zadar, Croatia, 19 - 21 April 2017.
- 85 Supancic, K., Obernberger, I., Kienzl, N., & Arich, A. (2014). Conversion and leaching characteristics of biomass ashes during outdoor storage - results of laboratory tests. Biomass & Bioenergy, 61, 214-226.
- 86 Kalembkiewicz, Jan & Galas, Dagmara & Sitarz-Palczak, Elżbieta. (2018). The Physicochemical Properties and Composition of Biomass Ash and Evaluating Directions of its Applications. Polish Journal of Environmental Studies. 27. 10.15244/pjoes/80870.
- 87 Сергій Одарич: Мери міст об'єднуються, щоб економити/<http://chmr.gov.ua/ua/newsread.php?view=3149&s=1&s1=17>.
- 88 Hannam, Kirsten & Venier, Lisa & Hope, Emily & McKenney, Daniel & Allen, Darren & Hazlett, P.. (2017). AshNet: Facilitating the use of wood ash as a forest soil amendment in Canada. The Forestry Chronicle. 93. 17-20. 10.5558/tfc2017-006.
- 89 DONG ENERGY. Final report on PSO project 3339 - extended part Grate combustion - emissions and residues/Prepared: Bo Sander, 11 July 2007.
- 90 Usmani, Zeba & Kumar, Vipin & Gupta, Pratishtha & Gupta, Gauri & Rani, Rupa & Chandra, Avantika. (2019). Enhanced soil fertility, plant growth promotion and microbial enzymatic activities of vermicomposted fly ash. Scientific Reports. 9. 10.1038/s41598-019-46821-5.
- 91 Streimikis, V. Theoretical and Technological Aspects of Biomass Ash Granulation: Summary of Doctoral Dissertation;Kaunas University of Technology: Kaunas, Lithuania, 2015.
- 92 В. В. Григорьев и др. Использование золы подсолнечника для производства бесхлорных минеральных удобрений// Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2017.
- 93 Wójcik, Marta & Stachowicz, Feliks & Masłoń, Adam. (2018). The Use of Wood Biomass Ash in Sewage Sludge Treatment in Terms of Its Agricultural Utilization. Waste and Biomass Valorization. 10.1007/s12649-018-0518-0.
- 94 Toro, M. & Calmano, Wolfgang & Ecke, H. (2009). Wet extraction of heavy metals and chloride from MSWI and straw combustion fly ashes. Waste management (New York, N.Y.). 29. 2494-9. 10.1016/j.wasman.2009.04.013.
- 95 Kirkelund, Gunvor & Damoe, Anne & Ottosen, Lisbeth. (2013). Electrodialytic removal of Cd from biomass combustion fly ash suspensions. Journal of hazardous materials. 250-251C. 212-219. 10.1016/j.jhazmat.2013.02.004.
- 96 <http://www.kommunekemi.dk/download/halmaske.pdf>.
- 97 С. Драгнев. Звіт про обґрунтування вартості соломи та використання золи, яка утворюється при спалюванні соломи, як добрива. Частина 2. Рекомендації щодо застосування золи соломи в якості

добрив у сільському господарстві./ Місцеві альтернативні джерела енергії: м.Миргород (МАДЕМ). Київ – 2014.

98 <https://www.compostnetwork.info/ecn-qas/>.

99 <http://www.ieabcc.nl/database>.

100 <https://www.ecn.nl/phyllis2/Browse/Standard/ECN-Phyllis#>.

101 Свитко С.М., Сауляк П.М., Барвінченко В.І., Дідур І.М. Методичні вказівки для виконання курсової роботи з дисципліни "Агрохімія" студентами спеціальності 6.090101 - "Агрономія". - Вінниця: ОЦ ВДАУ, 2009. – 52 с.

102 Волошин М. Д. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. Мінеральні добрива: навчальний посібник / М. Д. Волошин, Я. М. Черненко, А. В. Іванченко, М. А. Олійник. —Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. —354с.

Біоенергетична асоціація України UABIO – це неприбуткова громадська спілка, яка об'єднує бізнес та експертів для розвитку біоенергетики України

7

років

30

провідних
компаній

15

фізичних
осіб

20+

експертів з
біоенергетики
в Україні

Ми беремо участь у розробці законодавства, державних та галузевих програмних документів, які сприяють розвитку біоенергетики; надаємо експертну, консультаційну, інформаційну допомогу партнерам; моніторимо національне та міжнародне законодавство у сфері біоенергетики, відновлюваної енергетики, енергоефективності та щодо питань зміни клімату; співпрацюємо з міжнародними профільними асоціаціями, організаціями, бізнесом, експертами, представниками влади; організовуємо публічні заходи: конференції, тренінги, семінари; підвищуємо рівень обізнаності громадян України щодо переваг біоенергетики через сайт, соціальні мережі, дайджест.

www.uabio.org

Члени UABIO:



МИ ГОТОВІ ДО СПІВПРАЦІ!
Цікаво стати спонсором публікації?



Сконтактуйте з нами

UABIO

Біоенергетична асоціація України

вул. Марії Капніст, 2-А, оф. 116
м. Київ, Україна, 03057
+38 (044) 453-28-56
info@uabio.org
www.uabio.org