



European Bank
for Reconstruction and Development



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

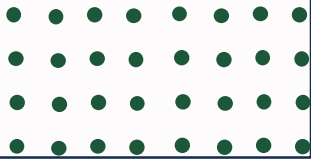
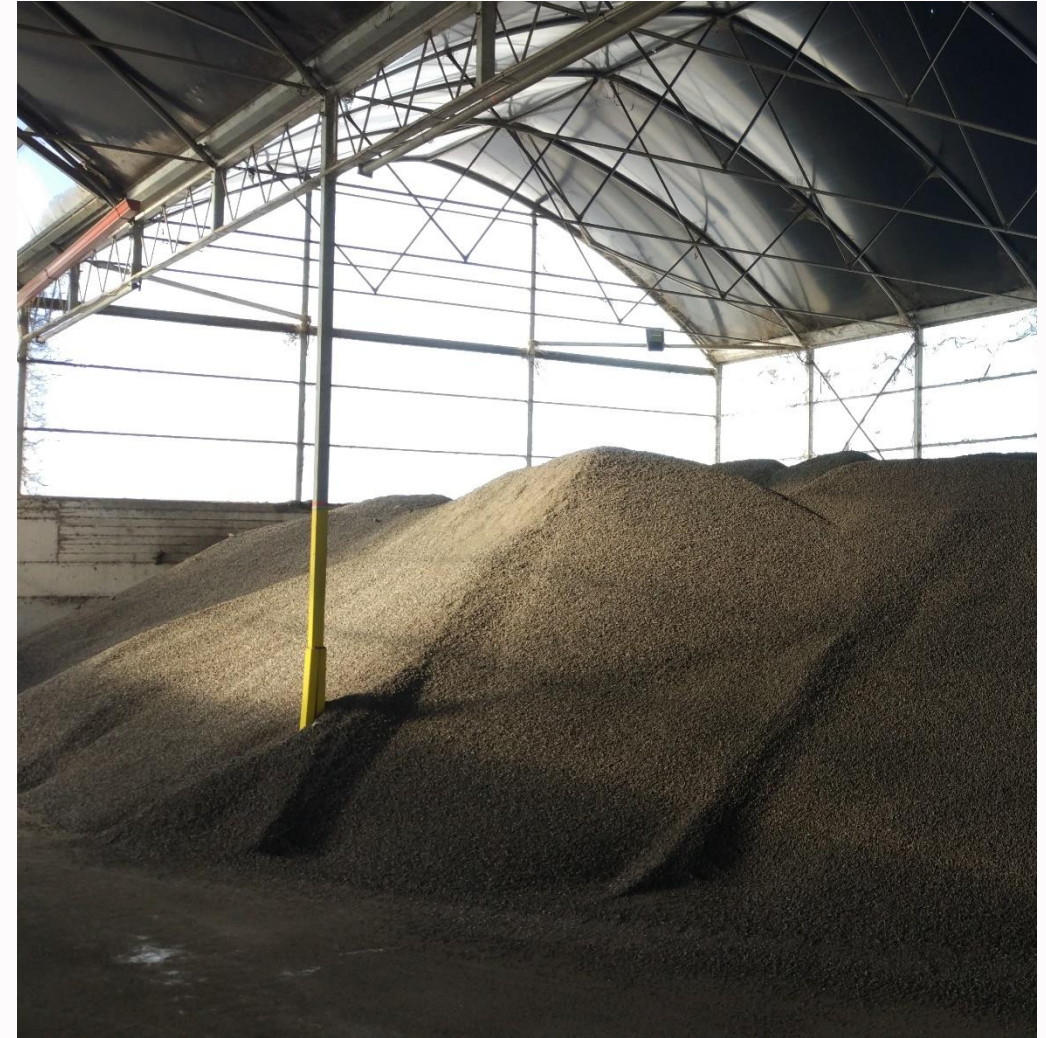
Зберігання біомаси, призначеної для енергетичного використання

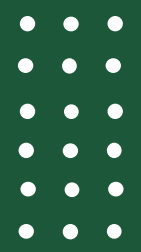
Драгнєв Семен, к.т.н.,
ТОВ «НТЦ «Біомаса»,
Біоенергетична асоціація України



Зміст

- 01** Загальні підходи до зберігання біомаси
- 02** Зберігання деревної біомаси
- 03** Зберігання післяжнивних решток
- 04** Зберігання вологої агробіомаси
- 05** Зберігання паливних брикетів і пелет





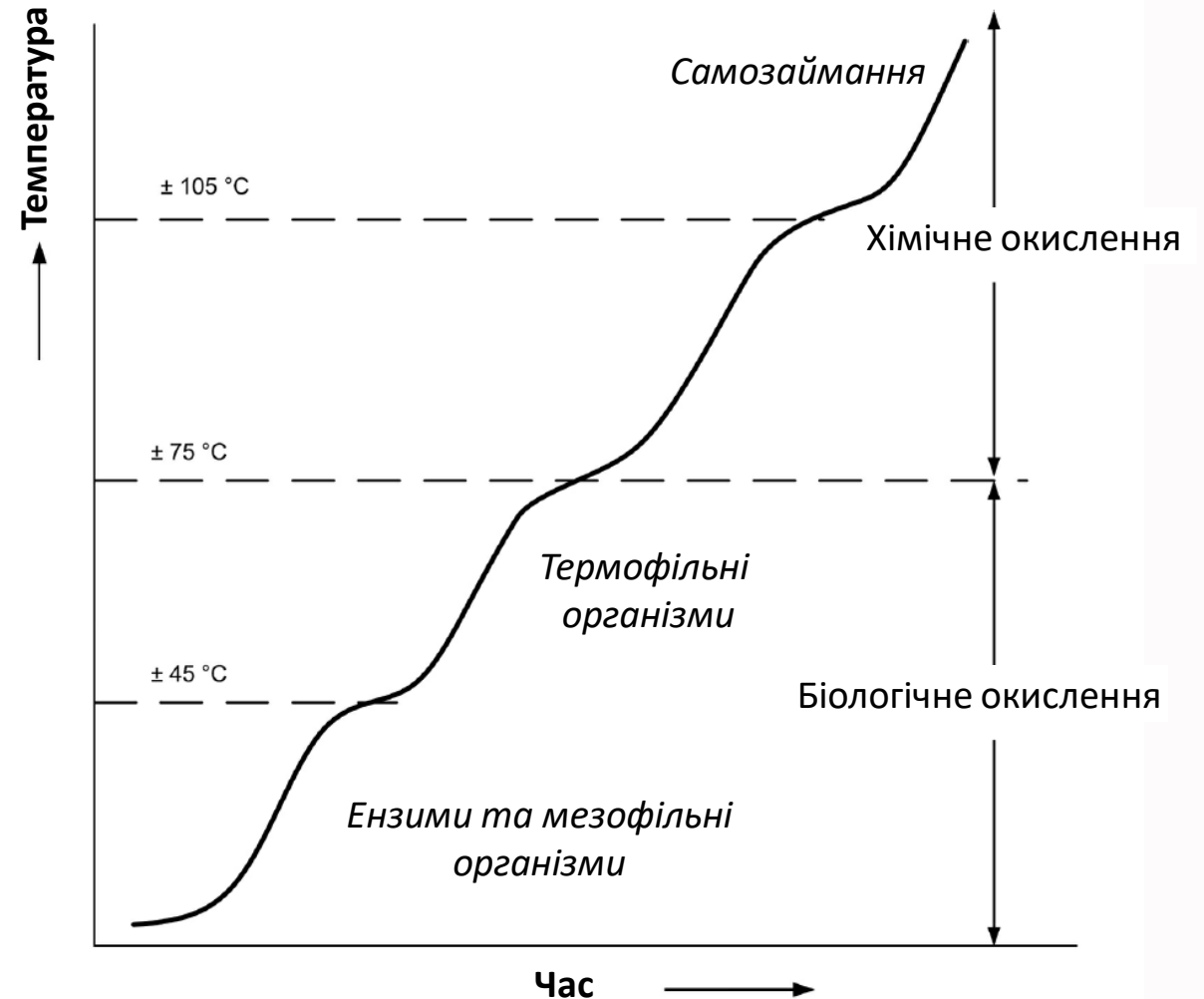
1 Загальні підходи до зберігання біомаси

Загальні підходи до зберігання біомаси

- **Локальні склади** для короточасного зберігання поблизу місць утворення біомаси.
- **Центральні склади** для довгострокового зберігання біомаси.
- **Оперативні склади** для короточасного зберігання до використання на біоенергетичному об'єкті.

Найпростішим способом зберігання біомаси є її штабелювання та укладання у купи. При цьому потрібно враховувати, що **тривале зберігання біомаси вологістю понад 20-30% у купях супроводжується її біологічною та біохімічною деградацією, а також, у деяких випадках, процесами хімічного окислення, які призводять до виділення тепла, що може спричинити самозаймання.**

Також, слід брати до уваги, втрати сухої речовини, зміни вмісту вологи, і ризику для здоров'я (розмноження грибів і бактерій).



Джерело: The handbook of biomass combustion and co-firing/edited by Sjaak van Loo and Jaap Koppejan.

Вологість біомаси та її зберігання

Критичний вміст води (КВМ)

КВМ > Точки насичення волокна → Мікробний ріст

КВМ змінюється від:

- складу біомаси;
- переважної популяції мікробів;
- методу та умов визначення.

КВМ визначають за:

- диханням мікроорганізмів;
- мікробним ростом;
- деградацією біомаси.

Вид біомаси	КВМ (%, DB ¹)
Рисова, пшенична солома та стебла кукурудзи	40
Деревина	12,3-31
Сіно	41

Джерело: Baldeer Kaur Self Heating in Biomass Materials. 26.05.2023

Розрахунок абсолютної вологості (u) за відносною вологістю (M)

$$u = \frac{100 \cdot M}{100 - M}$$

Розрахунок (M) за (u)

$$M = \frac{100 \cdot u}{100 + u}$$

Примітка:

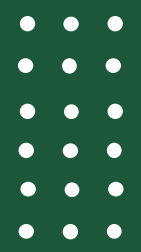
¹ DB – суха основа (абсолютна вологість – співвідношення загальної води до ваги сухої сировини)

Типова вологість вибраних видів біомаси

Види біомаси	Відносна вологість, %
Гній ВРХ	88
Рисова солома	50-80
Харчові відходи	70
Стебла кукурудзи	40-60
Верба	60
Кора деревини	30-60
Тополя	45
Тирса	25-55
Солома пшениці	8-20
Світчграс	13-15
RDF пелети	25-35
Лузга рису	7-10
Міскантус	11,5

Джерело:

<https://doi.org/10.1039/C6EE00935B>



2 Зберігання деревної біомаси

Заходи при зберіганні деревної біомаси

Розкладання деревної речовини відбувається внаслідок посилення метаболічної діяльності грибів і бактерій. При цьому спостерігається втрата органічної маси палива. Для мінімізації таких втрат біологічну активність необхідно тримати під максимальним контролем.

Для цього необхідно вжити наступні заходи:

- **зберігайте деревну біомасу з мінімальною можливою вологістю та захищайте її від опадів;**
- надавайте перевагу природній вентиляції: вона прискорює втрати тепла та вологи;
- проміжки між деревиною сприяють її внутрішній вентиляції;
- використовуйте достатньо гострі ріжучі інструменти (стандартного розміру);
- необхідно звести до мінімуму наявність хвої і листя, які легко атакуються мікроорганізмами;
- потрібно звести до мінімуму тривалість зберігання;
- виберіть раціональну висоту купи.

Категорії деревини	Вміст вологи (W)
Абсолютно суха	0%
Повітряно-суха	15-20%
Придатна для зберігання	< 30-35%
Свіжа	> 50%

Джерело:

https://www.srcplus.eu/images/Handbook_SRCplus.pdf

Зміна показників якості деревної біомаси при її зберіганні

Метод зберігання	Втрата маси, %	Зміни теплоти згоряння, %
<i>Відходи рубки</i>		
У малих купах на лісосікі до серпня	-10	0
У малих купах на лісосікі до жовтня	-25	-23
У великих 4 м відкритих купах до вересня	-1	+4
У великих 4 м критих купах до грудня	-2	+4....+10
<i>Тріска</i>		
У малих (<60 м ³) критих купах з травня до листопада	-18	-7
У малих (<60 м ³) відкритих купах з травня до листопада	-20	-18
У малих (<60 м ³) купах з травня до січня	-23	-23
У великих (>6000 м ³) критих та ущільнених купах з червня до січня	-10	-5
У великих (>6000 м ³) відкритих та ущільнених купах з червня до січня	-12	-12
У великих (>6000 м³) критих та неущільнених купах з червня до січня	-7	-1
У великих (>6000 м ³) відкритих та неущільнених купах з червня до січня	-8	-4

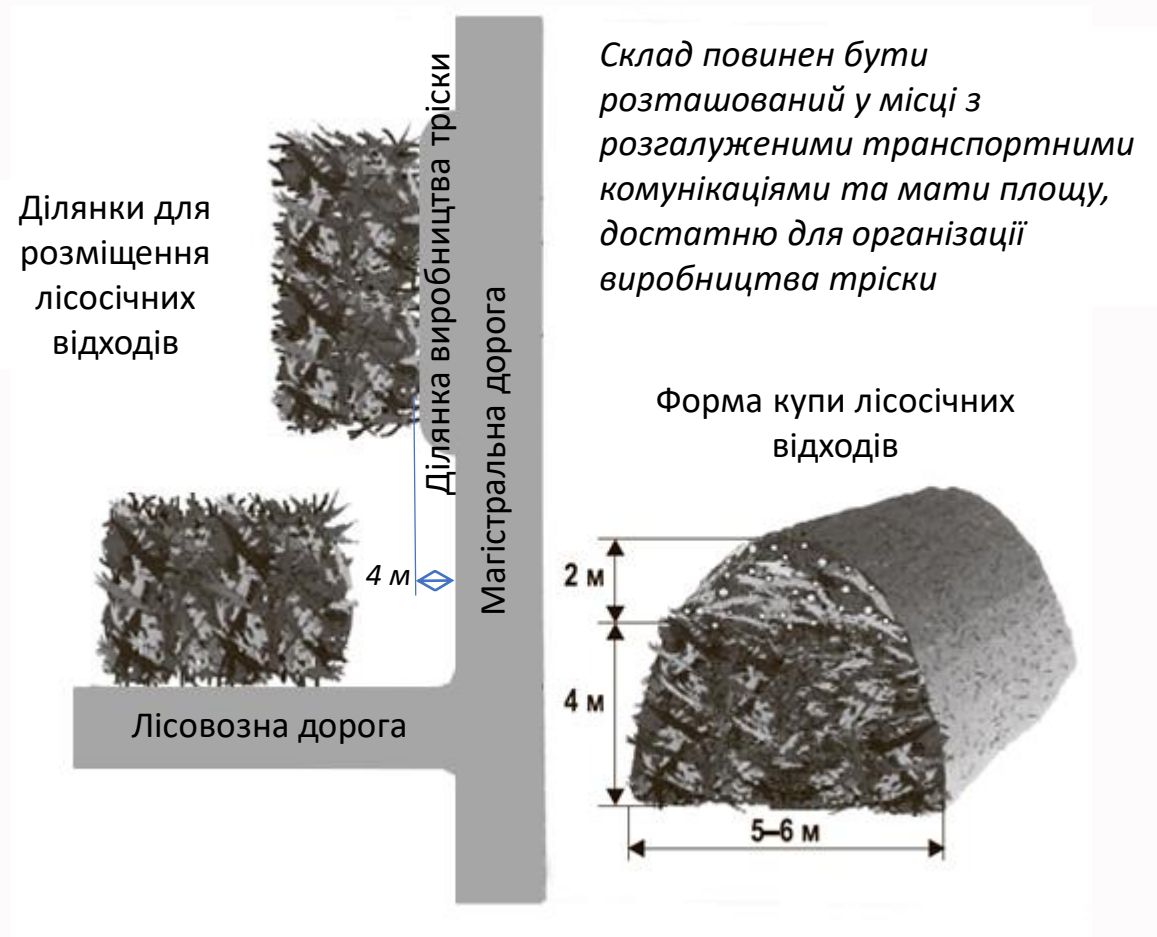
Для тривалого зберігання кращі великі купи як для відходів рубки та і для тріски

Втрати деревної біомаси при її зберіганні

Матеріал / Тип зберігання	Річні втрати сухої маси, %
Лісова деревна тріска, свіжа, без накриття	20 до понад 35
Лісова тріска дрібна, витримана, накрита	2-4
Лісова деревна тріска груба (7-15 см), свіжа, накрита	4
Кора, свіжа, не накрита	15-22
Колоди (бук, ялина) через 2 роки, накриті	2,5
Колоди (бук, ялина) через 2 роки, без накриття	5-6
Колоди (ялина, ялиця) свіжі, без накриття	1-3
Молоді цілі дерева (тополя, верба) свіжі, без накриття	6-15

Джерело: АЕВІОМ Wood fuels handbook. production, quality requirements, trading, 2008

Верхні склади



Верхній склад лісу розташовується **безпосередньо на лісосіці**, сюди прокладають первинний шлях транспортування зрубаної деревини. Його **використовують як майданчик для організації робіт з очищення дерев від гілля, розкряжування стовбурів, сортування і відвантаження круглих лісоматеріалів**. На верхніх складах маркують зрубані дерева, попередньо відсортувавши їх за видами, довжиною та діаметром. Деревина з верхнього складу продається на біржових торгах.

Верхній склад повинен мати площу, достатню для розміщення куп лісосічних відходів висотою та шириною 5 м з розрахунку 10 м на кожні 100 м³ лісосічних відходів.

Нижні склади

Нижні склади розташовують у пунктах перевантаження лісоматеріалів із лісовозних шляхів лісозаготівельного підприємства на шляхи загальнодержавного транспорту (залізниця, водні шляхи). Нижній склад – це місце, створене спеціально для короткочасного зберігання, первинної обробки та часткової переробки деревини, а також відправлення отриманої продукції кінцевим споживачам.



Попередня підготовка лісоматеріалів до подальшого використання полягає у розкряжуванні цілих хлестів на окремі сортименти та їх очищенні від кори. По суті нижній склад являється головним цехом на будь-якому деревообробному підприємстві.

Часто для збільшення обсягів виробництва ділової деревини та паралельного зниження витрат на транспортування щойно зрубаного лісу на нижньому складі додатково відкривають цехи з обробки круглих лісоматеріалів. Отриману тут продукцію, наприклад, обрізні і необрізні пиломатеріали, можна придбати в електронній торговій системі .

Зберігання дров

Головна вимога, яку необхідно забезпечити під час зберігання дров, - це **відсутність контакту з водою**.

Для цього необхідно:

- виключити контакт із ґрунтовими та поверхневими водами;
- виключити потрапляння та накопичення атмосферних опадів;
- створити умови для ефективної вентиляції штабелю дров;
- забезпечити відведення води.

Зберігання дров у купах безпосередньо на ґрунті може рекомендуватися тільки як тимчасовий захід. У решті випадків дрова слід розміщувати, як мінімум, під навісом. Зберігання дров у купах вимагає багато місця, не забезпечує хорошої вентиляції, створює умови для проникнення опадів усередину купи, стимулюючи розвиток грибів і розкладання дров.

Кращим варіантом є зберігання складених дров під навісом з основою, ізольованою від ґрунту, та вентиляльованими стінками. У цьому випадку виконуються всі вимоги щодо якісного зберігання дров.



Зберігання дров (продовження)

На початковому етапі зберігання дров (1,5-2 місяці) відбувається їх природне сушіння до 22-25% (абсолютна вологість). Подальше зберігання без дотримання мінімальних вимог до організації зберігання дров може призвести до втрати їхньої енергетичної цінності.

- Для ефективного сушіння деревину необхідно розколоти на більш тонкі частини. Нерозколотій деревині потрібно вдвічі більше часу для відповідного сушіння, ніж розколотій.
- Місце для сушіння має бути на сонячному та вітряному місці.
- Купа повинна бути піднята принаймні на 10 см над землею, щоб забезпечити циркуляцію повітря та зменшити вплив вологи на землю.
- Свіжу деревину не можна зберігати в закритих приміщеннях або складах (або навіть у підвалах), де не може випаровуватися вода та розвиваються гриби і бактерії, що створює небезпеку для здоров'я.
- Після літа купи деревини потрібно накрити, щоб захистити від дощу.
- Відстань між різними купами, а також між купами та стінами сховищ має бути не менше 10 см для циркуляції повітря.

Джерело:

<http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/timcheck1/docs/fao-krajnc-2015.pdf>



Зберігання дров (продовження)



Зберігання тріски

Деревна тріска, яка використовується в котлах малої або середньої потужності, повинна бути сухою (вміст води не повинен перевищувати 30%). Основні рекомендації щодо виробництва та зберігання тріски:

- деревина повинна зберігатися не менше трьох місяців (влітку) в сухому, вітряному і сонячному місці (природна сушка);
- деревина, яка належним чином зберігається влітку, повинна мати вміст вологи менше 30%;
- після закінчення сухого сезону (на початку осені) купи деревини необхідно вкрити;
- у закритому складі можна зберігати тільки суху деревну тріску (з вмістом вологи нижче 30%);
- деревну тріску слід видаляти зі складу, дотримуючись простого правила FIFO «першим прийшов – першим вийшов»;
- завжди надягайте маску для захисту від дрібних частинок пилу та різних мікроорганізмів під час роботи з деревною тріскою в закритих складах;
- уникайте зберігання мокрої деревної тріски з великою кількістю голок і листя. Температура в купі такого виду деревної тріски (зеленої тріски) підвищиться (активність мікроорганізмів). Розкладання почнеться менш ніж через три тижні. Деревну тріску слід зберігати в штабелях максимальною висотою 7 м і лише 2-3 тижні.



Джерело: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/timcheck1/docs/fao-krajnc-2015.pdf>

Зберігання тріски (продовження)

1. Кругляк, який використовуватиметься для виготовлення деревної тріски, можна зберігати на узбіччях лісових доріг, але це повинно бути на сонячному місці, і це слід вважати тимчасовим складом. Рекомендується виготовляти тріску з сухого деревного матеріалу.
2. Найбільш рекомендованим матеріалом для виготовлення деревної тріски є деревні відходи (відходи деревообробної промисловості). Цей матеріал слід зберігати в сухому місці, а коли він висохне, його слід подрібнювати.
3. Деревна тріска, виготовлена зі свіжого матеріалу, має більший вміст вологи. Вони можуть зберігатися лише протягом короткого часу, і їх можна використовувати лише у великих котлах з рухомим сортом.
4. Суху деревну тріску слід помістити в сховище з ефективною циркуляцією повітря.

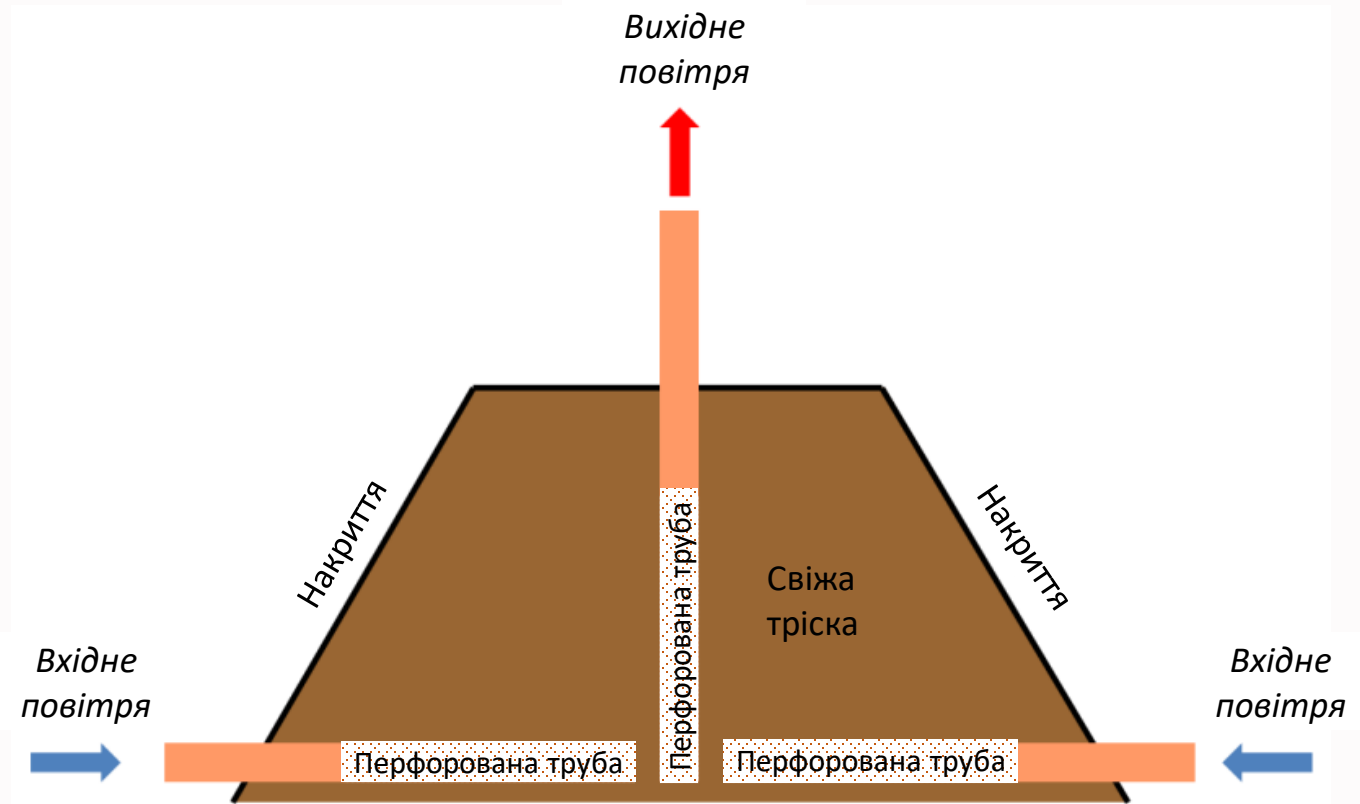


Джерело: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/timcheck1/docs/fao-krajnc-2015.pdf>;
<https://www.conasolar.com/en/wood-chips-drying/>

Схема вентиляованої купи тріски

При зберіганні свіжих трісок виникають ризики втрати біомаси 2-4% за місяць через постійні біологічні процеси і розкладання. Тому деревину тріску підсушують використовуючи різні технології. Зокрема, **системи вентиляції купи трісок повітрям та різноманітні сушарки.**

Система пасивної повітряної вентиляції заснована на принципі, згідно з яким свіжа і волога деревна тріска нагрівається сама, якщо зберігати її в купі. Перфоровані труби сприяють надходженню повітря в купу, а вихідна труба діє як димохід і випускає тепле повітря, нагріте деревною тріскою. Цей процес повітряної вентиляції є ефективним методом сушіння деревини без зовнішнього надходження енергії. **За допомогою цього методу можна знизити вміст води до 30% протягом трьох місяців.**



Джерело: https://www.srcplus.eu/images/Handbook_SRCplus.pdf

Сушарки для тріски

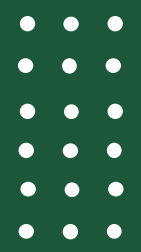
Тип сушарки	Характеристики
1. Контейнерна сушарка	Нагріте повітря проходить крізь матеріал у контейнерах. Найпростіший метод, оскільки висушуваний матеріал практично не переміщується. Дешевий метод, рекомендується для невеликих потужностей.
2. Контейнерна поступально-змішувальна	Нагріте повітря продувається крізь матеріал у контейнері з подвійним днищем, при цьому обертові лопаті змішують і одночасно переміщують матеріал.
3. Конвеєрна сушарка	Нагріте повітря проходить крізь пори стрічки конвеєра з матеріалом, що повільно рухається. Відносно високі інвестиційні витрати.



Джерело: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/biofin.pdf>

Зберігання подрібненої деревини



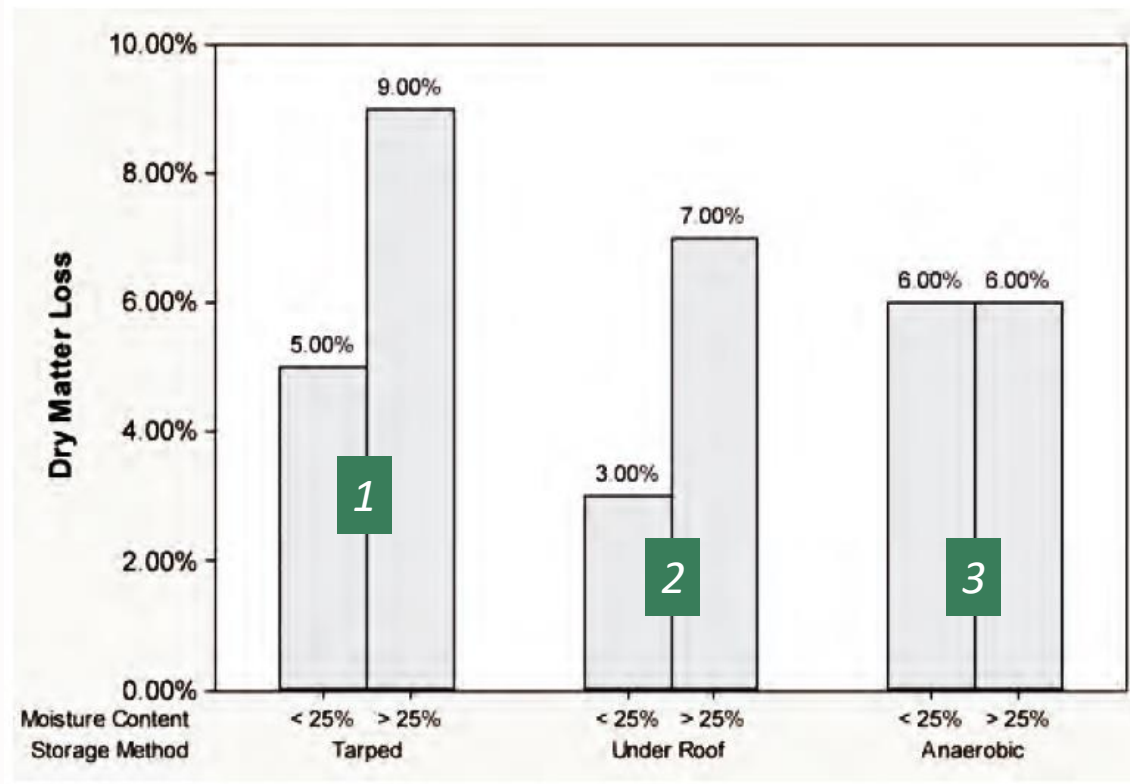


3 Зберігання післяживних решток

Втрати біомаси при зберіганні

Мікробна активність сповільнюється, якщо **вміст води у біомасі менше 22%** і стає майже неактивною за вологості **менше 18%**.

Типові втрати при зберіганні тюків кукурудзиння під гнучким накриттям (1), критому складі (2) та в анаеробних умовах (2)

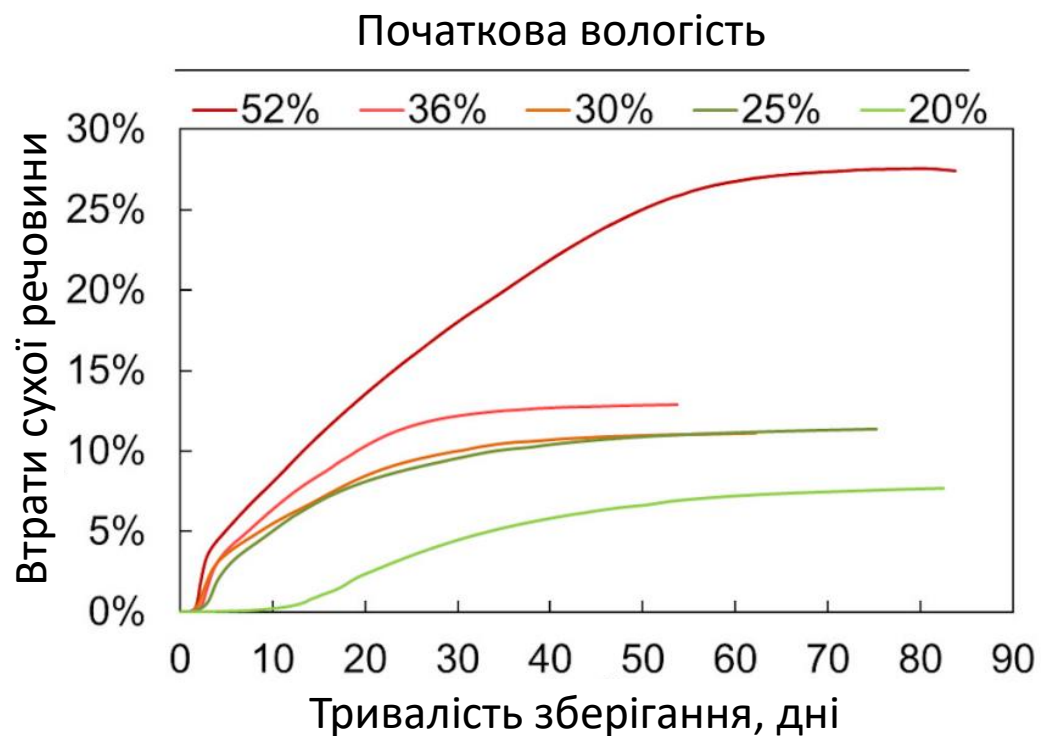


Рішення для зберігання в анаеробній упаковці забезпечують найбільш ефективний варіант зберігання сировини, коли вологість тюків перевищує 25%.



Вплив вологості на втрати сухої маси кукурудзиння

Загальна втрата сухої речовини у кукурудзинні при зберіганні у аеробних умовах з часом



У дослідженні впливу вмісту води при зберіганні на стабільність, склад та ефективність конверсії біомаси кукурудзиння визначили, що **втрати сухої речовини біомаси коливаються від 8% до 28%** у виміряному діапазоні вмісту води (20%, 25%, 30%, 36% та 52%).

Результати цього дослідження показують короткострокову стабільність кукурудзиння, **що зберігається при вологості менше 35%**, але вище цього граничного значення розкладання є швидким і значним. Втрати відбуваються головним чином у компонентах геміцелюлози.

Джерело: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7371782/pdf/fbioe-08-00716.pdf>

Зберігання тюків на складах

Солома та інші сухі післяжнивні рештки, призначені для енергетичного використання, повинна зберігатися в умовах, що забезпечують її захист від замокання, гниття, займання. Найкраще зберігати тюки біомаси у закритих приміщеннях або під навісами .



Зберігання у закритих приміщеннях дозволяє підтримувати вологість біомаси на одному рівні, запобігає гниттю. Великі склади соломи мають питоме навантаження на площу складу 1,5-2,5 т/м².

При використанні навісів вони повинні мати великий козирок, щоб дощова вода не попадала на біомасу. Важливо забезпечити вільний доступ до біомаси, для того щоб спростити процедуру зберігання та її завантаження і розвантаження. Крім того, у приміщенні має бути достатньо вільного місця для маневрів розвантажувача/навантажувача.

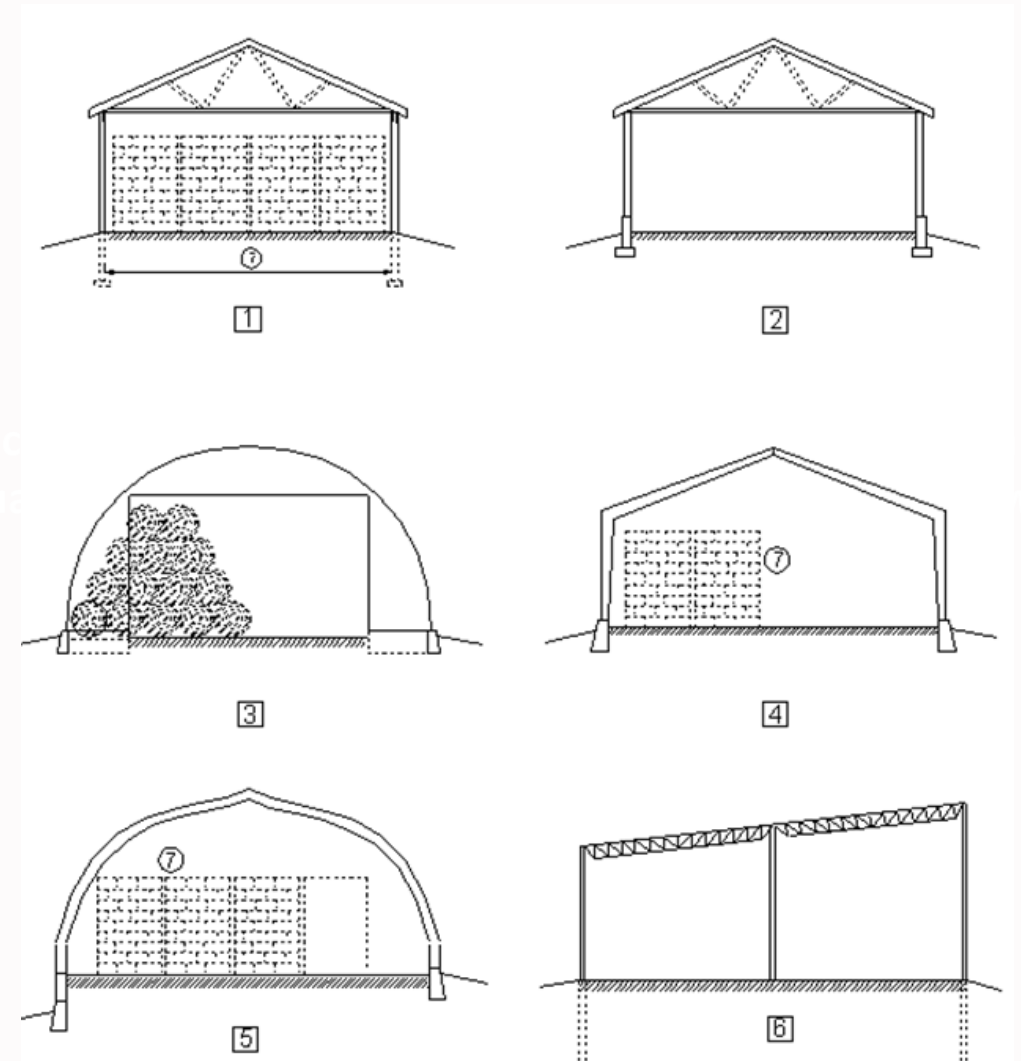
3.3 Закриті склади для соломи

Основні функції та робочі операції на центральному складі соломи:

- приймання тюків, що перевозяться автомобільним транспортом у постачальників, за кількістю, вагою та якісними характеристиками;
- розвантаження тюків з автомобілів та завантаження в склад для зберігання;
- навантаження на автомобіль для перевезення на оперативний склад;
- ведення відповідної документації щодо кількості прийнятих та відвантажених тюків, їх ваги, вологості та інших характеристик.

Конструкції складів для зберігання тюкованої соломи:

1– стовпчастий каркас; 2– дерев'яний каркас; 3– без рамна аркова структура; 4– жорстка сталева рамна структура; 5– дерев'яна арка; 6– сталевий каркас на палях, з відкритими стінками



Обладнання складів



ТЕЦ ВЕКВ Emsland на соломі у Німеччині потужністю 10,2 МВт_е / 49,8 МВт_т. Річне споживання 60 тис. т соломи. Середні потреби 250 т соломи/день. На оперативному складі площею 2700 м² можна зберігати 1200 т соломи для забезпечення виробництва електрики протягом 5 днів.



Триточкове мікрохвильове вимірювання вологості пари тюків.

Конвеєр.



Джерело: <https://uabio.org/news/uabio-news/13752/>; <https://processbio.com/moisture-measuring/>

Зберігання тюків на відкритому повітрі

Зберігання біомаси на відкритому повітрі є значно дешевшим ніж у закритих складах, але у більшості випадків цей спосіб підходить лише для короткочасного зберігання. При зберіганні тюків без накриття існує ризик підвищення вологості біомаси (особливо її верхнього шару) до рівня, що перевищує допустимий для спалювання в енергетичних установках.



Зберігання тюків під гнучким накриттям

Захисне волокно тент (агроволокно) для соломи та сіна призначене для надійного захисту, накриття соломи і сіна від вітру та дощу. Забезпечує ефективне дихання рулонів та захищає від потрапляння опадів. Висока якість сировини зберігається протягом усього зимового сезону, завдяки висиханню після сильних опадів і уникненню розвитку цвілі.



Доступні розміри:

- 9,8 12,5 м;

- 12 x 25 м;

- 9,8 x 25 м.

Переваги використання агроволокна при зберіганні тюків на відкритому повітрі:

- Забезпечує проникність повітря та захищає від розвитку цвілі
- Захищає від потрапляння вологи (вода стікає під кутом 45 градусів)
- Сиртка швидко висихає після опадів
- Особливо висока стійкість до поривів вітру
- УФ-стабілізація - 3 роки



Джерело: https://shop.ag-bag.ua/ua/p937295687-agrovloknno-tent-dlya.html?source=merchant_center

Відео накриття рулонів соломи



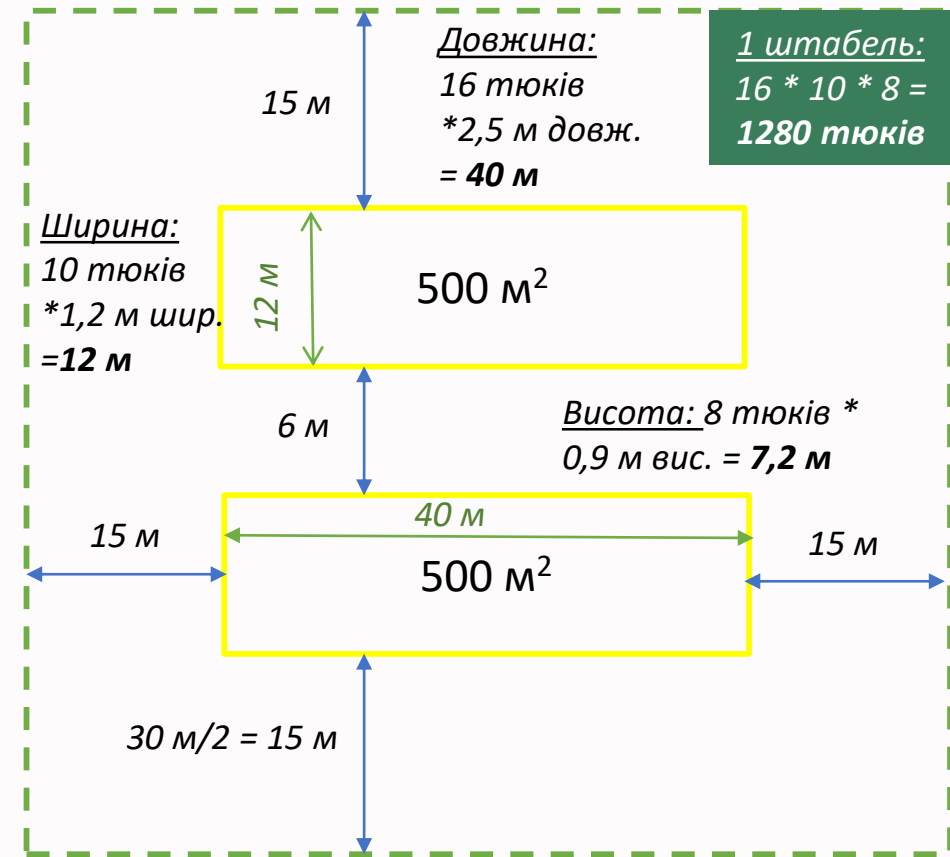
Зберігання тюків під плівкою



Розміщення штабелів із тюків соломи

При організації зберігання потрібно враховувати вимоги Правил пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0313-07#Text>):

- 8.2.5. Площа основи однієї скирти не повинна перевищувати 300 кв.м, а штабеля пресованого сіна чи соломи – 500 кв.м. Біля штабеля пресованого сіна чи соломи необхідно мати два гаки завдовжки не менше висоти штабеля.
- 8.2.6. Протипожежні розриви між скиртами, штабелями мають бути не менше 20 м. Відстань від скирт, штабелів грубих кормів повинна бути не менше 15 м до ліній електропередач, 20 м – до доріг, 50 м – до будинків та споруд.
- 8.2.7. Скирти, штабелі дозволяється розташовувати попарно, при цьому розриви між скиртами, штабелями в одній парі мають бути не менше 6 м, а між сусідніми парами – не менше 30 м. Протипожежні розриви між двома парами повинні бути проорані смугою не менше 4 м завширшки на відстані 5 м від основи скирти, штабеля.



Для пари штабелів на 2560 тюків потрібна площа:
 $(15+12+6+12+15) * (15+40+15) = 4200 \text{ м}^2 = 0,42 \text{ га}$

Якщо тюк 500 кг, то один гектар вміщує 3048 т тюків соломи

Облік тюків соломи

За неможливості зважання всіх тюків, кількість заготовленої пресованої соломи встановлюють наближеним методом – на підставі кількості тюків у штабелі і середньої ваги одного тюка. Крім того, вага соломи змінюється – збільшується із зростанням її вологості, наприклад, під дією опадів, або зменшується при її усушці. **Таким чином облік соломи для енергетичного використання необхідно проводити для тюків, укладених у окремо розташовані штабелі у масових одиницях – метричні тони із визначенням вологості.**



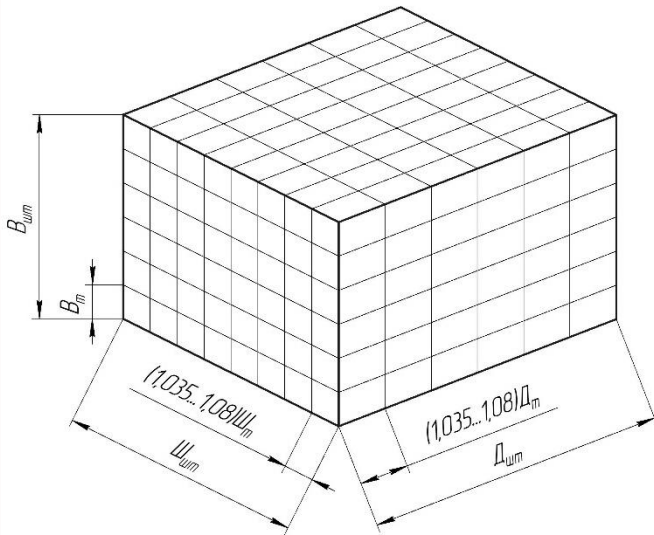
Перший облік – попередній, треба проводити безпосередньо після укладання тюків у штабелі. Він дозволяє забезпечити оплату відповідно до погоджених розцінок за виконані роботи та визначити витрати на заготівлю та логістику.

Другий облік - остаточний, треба проводити через три-чотири тижні після укладання тюків у штабелі, але не пізніше ніж у вересні - жовтні. За цей час вологість соломи у тюках та штабелі вирівнюється.

Третій облік – оперативний, проводять безпосередньо на об'єкті біоенергетики, щоразу при доставці тюків. При цьому обов'язково визначається вологість соломи, що дозволить розрахунковим шляхом визначити її теплотворну здатність.

Визначення кількості тюків у штабелі

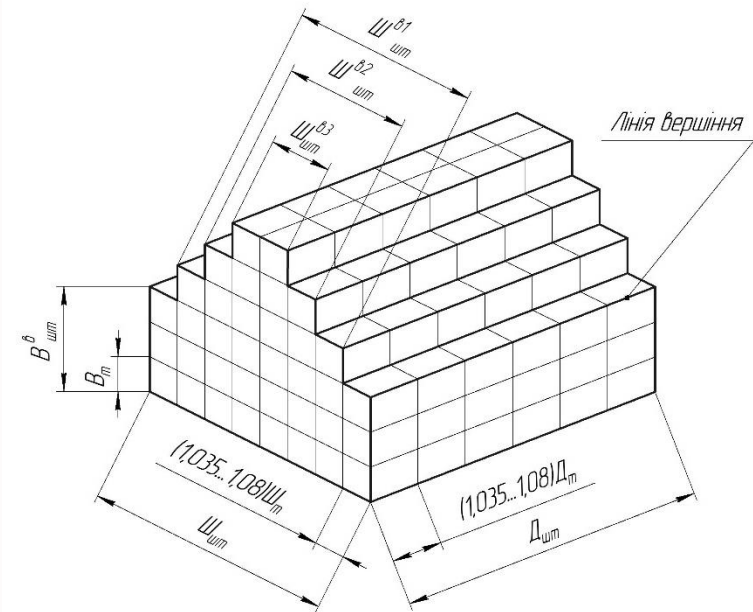
При пресуванні прес-підбирачами не мають стандартного розміру, зокрема, розрізняються по довжині навіть тюки, сформовані одною машиною. А для правильного обліку пресованої соломи всі розрахунки треба вести тільки відповідно до тюків стандартного розміру. **Враховуючи, що між тюками є щілини, довжину штабеля необхідно ділити на 103,5-108% довжини стандартного тюка.**



Штабель прямокутних тюків у вигляді паралелепіпеда, де:

$V_m, D_m, Ш_m$ – висота, довжина та ширина стандартного тюка;

$V_{шт}, D_{шт}, Ш_{шт}$ – висота, довжина та ширина штабеля



Штабель прямокутних тюків з ступінчастим верхом, де:
 $V_m, D_m, Ш_m$ – висота, довжина та ширина стандартного тюка;
 $D_{шт}, Ш_{шт}$ – довжина та ширина штабеля; $V_{шт}^в$ – висота штабеля до вершиння;
 $Ш_{шт}^1, Ш_{шт}^2, Ш_{шт}^3$ – ширина першої, другої та третьої сходинки штабеля

Визначення маси тюків

А. Визначення середньої ваги одного тюка

- **При першому обліку** за умови, що вологість соломи дуже неоднорідна, для орієнтовного обліку можна брати умовну мінімальну вагу одного тюка.
- **При другому обліку** соломи середня вага тюка встановлюється шляхом зважування 5-8 тюків стандартного розміру і діленням отриманого загальної ваги на число зважених тюків.
- **При третьому обліку** – на біоенергетичному об'єкті необхідно забезпечити зважування мінімум двох тюків з кожної партії, які розміщуються не послідовно. А якщо маса цих тюків відрізняється більше ніж на 5%, необхідно забезпечити зважування кожного тюка.

В. Визначення загальної ваги пресованої соломи в штабелі

Умножаючи дані по кількості тюків у штабелі на середню вагу одного тюка визначають загальну вагу пресованої соломи в штабелі.

С. Коригування ваги пресованої соломи в штабелі при зміні її вологості

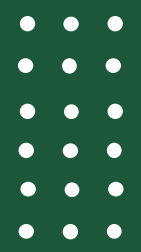
Вага соломи залежить від її вологості, у зв'язку з чим важливо корегувати вагу пресованої соломи в штабелі виходячи з даних щодо її вологості. Для швидкого вимірювання вологості доцільно застосовувати портативні вологоміри відповідно до інструкції (керівництва експлуатації). Значення кінцевої маси соломи розраховують за формулою:

$$M_b = \left(100 - \frac{100(a-b)}{100-b} \right) \times \frac{M_a}{100},$$

де M_a – початкова маса штабеля пресованої соломи;

a – початкова вологість соломи, %;

b – кінцева вологість соломи, %.



4 Зберігання вологої агробіомаси

Загальні підходи до вологого зберігання

Вологе зберігання є перспективною технікою збереження вуглеводнів у лігноцелюлозній біомасі до року. Для цього кукурудзиння збирають при вологості понад 45% і зберігають шляхом силосування відразу після збирання.

Вологе збирання та зберігання врожаю дозволяє уникнути очікування підсушування лігноцелюлозної біомаси в полі, що значно покращує ефективність і своєчасність збору врожаю. Крім того, втрати сухої речовини під час зберігання у вологому стані можуть бути менше ніж 5%, а продукт краще засвоюється, ніж лігноцелюлозна біомаса, що зберігається в сухому стані.



Джерело: Storing Lignocellulosic Biomass for Bio-Refining Industry <https://ohioline.osu.edu/factsheet/AEX-651.1-11>

Зберігання кукурудзиння на БГУ у Китаї

Вміст сухої речовини в кукурудзяній соломі після збору врожаю перевищує 85% із розміром частинок у діапазоні від 10 до 20 см. Солому спочатку подрібнюють на менші шматочки (менше 3 см). Потім її силосують у силосних ямах, де вміст вологи доводять приблизно до 60% шляхом додавання води. Пошарово ущільнюють кукурудзиння і накривають плівками для видалення повітря. Це може зменшити втрати сухої речовини, зазвичай на 80% менше втрат сухої речовини порівняно з відкритим зберіганням. Під час силосування виробляються органічні кислоти, які скорочують необхідний гідралічний час утримування в зброджуванні до менш ніж 35 днів.



Подрібнення кукурудзиння перед подрібненням



Силосна яма

БГУ потужністю $2\text{МВт}_{\text{ел}}$ споживає 30 000 т жовтої кукурудзяної соломи/рік. Вихід біогазу досягає $320\text{-}350\text{ м}^3/\text{т}$ сухої речовини.

Підходи до силосування кукурудзиння

Основні фактори технології силосування:

- вологість сировини (60-70%);
- розмір частинок біомаси (не більше 20 мм за вологості 60-65%);
- вміст цукру та наявність буферних речовин;
- щільність пресування;
- анаеробні умови.

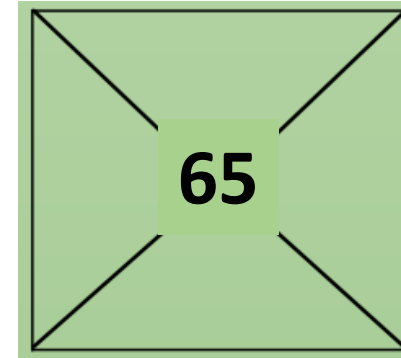
Характеристики кукурудзиння:

- вміст цукрів 4-5%;
- вміст протеїну 3-7%;
- співвідношення цукри : сирий протеїн = 1,7 ... 0,6;
- вміст золи близько 7%;
- ущільнення досягається приблизно 50% щільності кукурудзи на силос. Ціль ущільнення від 125 кг с.м./м³.

Для визначення кількості січки соломи, необхідної для зменшення вологості в масі користуються квадратом Пірсона:

Вологість барди 94%

Маса барди
(65-35) = 30 т



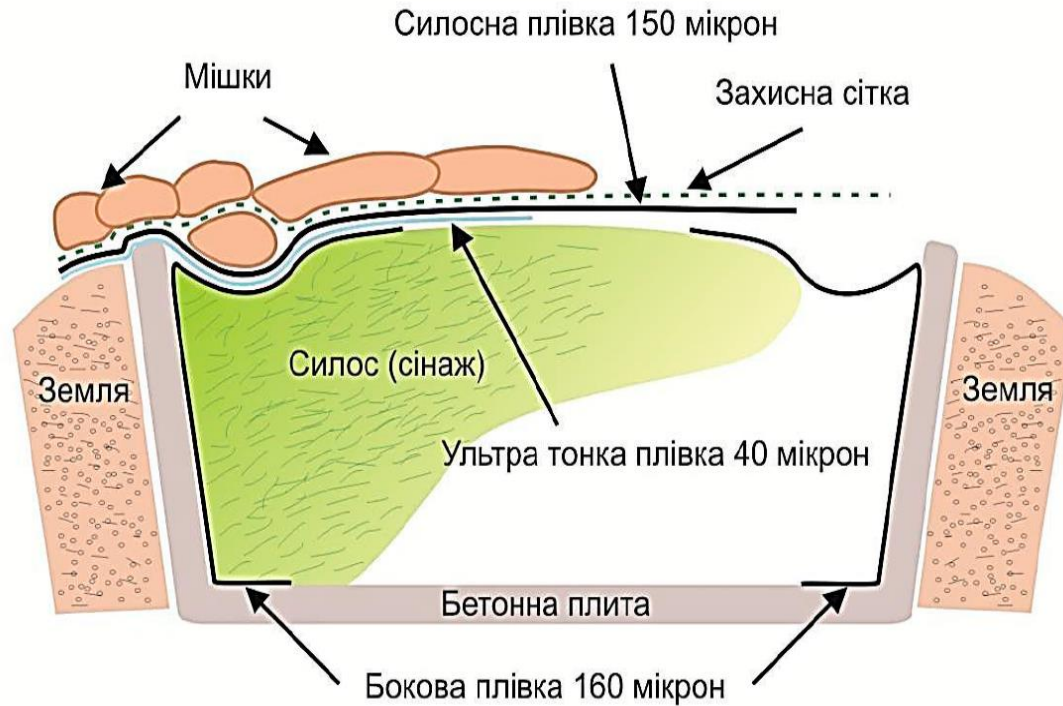
Вологість
кукурудзиння 35%

Маса
кукурудзиння
(94-65) = 29 т

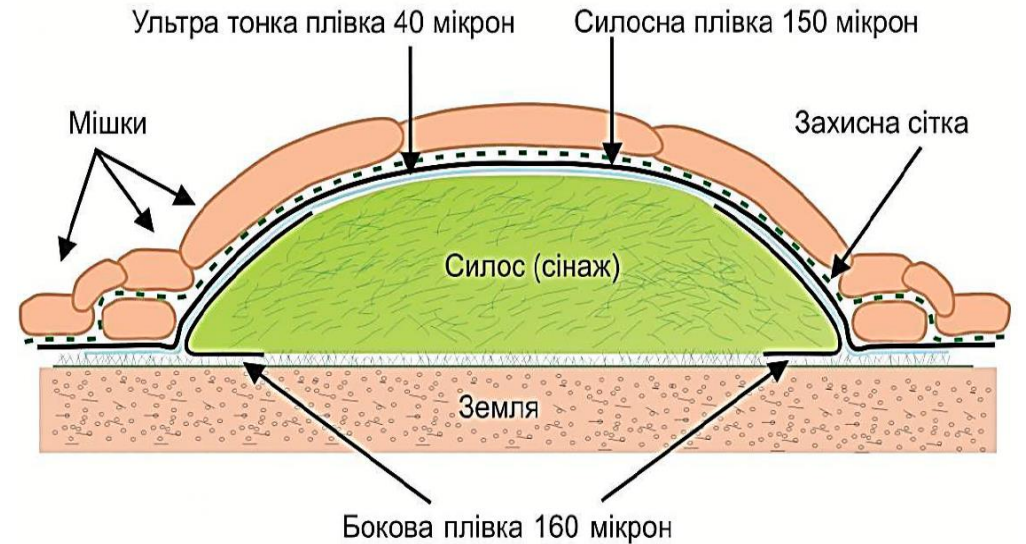
На 29 т кукурудзиння потрібно 30 т барди

Силосні ями та кургани

Оптимальне накриття силосної ями



Оптимальне накриття кургану



Джерело: <https://smf.org.ua/wp-content/uploads/2020/04/Tekhnolohiia-vyrobnytstva-sinazhu-i-sylosu-16.12.19.pdf>

Силосування у рукавах

Маса, яка силосується, повинна подрібнюватися до частинок розміром: силос кукурудзи – 1-2 см, конюшина/люцерна – 2-4 см;

Вологість маси повинна становити:

- 55-65% для трав (конюшина, люцерна)
- 65-73% для силосу кукурудзи;
- 70-78% для жому та пивної дробини.

За потреби використовують консерванти.



Рукава Budissa Bag Standart 1,95 x 60 м

297 €



Рукава Budissa Bag Standart 2,40 x 60 м

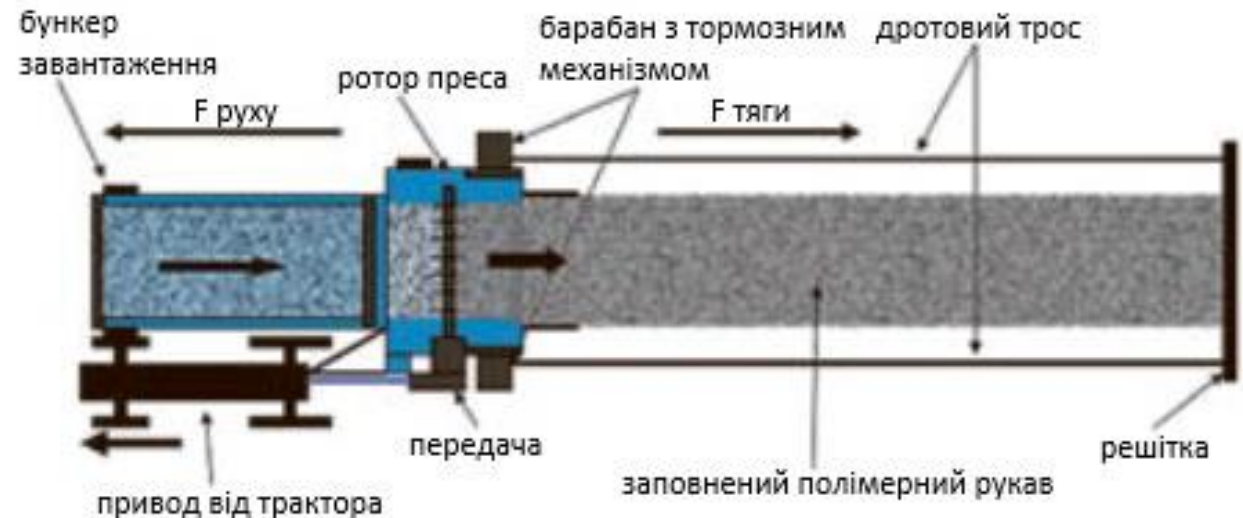
389 €

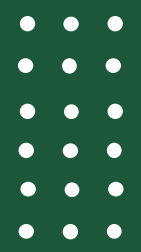


Рукава Budissa Bag Standart 3,0 x 60 м

504 €

Діаметр рукава потрібно розраховувати так, щоб після його відкриття за один день проводилося виїмка 1-2 метрів упакованої маси.





5 Зберігання паливних брикетів і пелет

Зберігання пелет і брикетів

Пелети (брикети) фасуються на виробництві у спеціальні мішки та біг-беги. Важливо забезпечити відповідні умови для зберігання пелет у приміщенні:

- Простір повинен провітрюватись. У приміщенні має бути сухо та прохолодно.
- Не можна зберігати паливний матеріал поблизу відкритого вогню. Інакше існує ризик, що станеться займання та пожежа.
- Не рекомендується складувати усі упаковки в одному місці. Мішки розкладають рівномірно по периметру біля стін. Це дозволить знизити тиск на біопаливо та унеможливити їх швидке руйнування.
- Навіть у поліетиленових упаковках біопаливо не зберігають на землі чи бетоні. Мішки укладають на дерев'яні піддони або облаштовують настил. Якщо основа приміщення стане мокрою, це призведе до псування пелет.
- Приміщення має бути закритим. Всередину не повинні потрапити тварини, шкідники, які можуть розірвати пакети, порушивши цілісність упаковки і розкидавши вміст.
- Потрібно періодично перевіряти, чи приміщення залишається сухим, чи не піднявся рівень ґрунтових вод, чи не засмічена вентиляція. Якщо біопаливо стане вологим, його горючість та інші експлуатаційні якості погіршаться.



Джерело: <https://bioenergybank.com.ua/uk/yak-zberigati-peleti/>

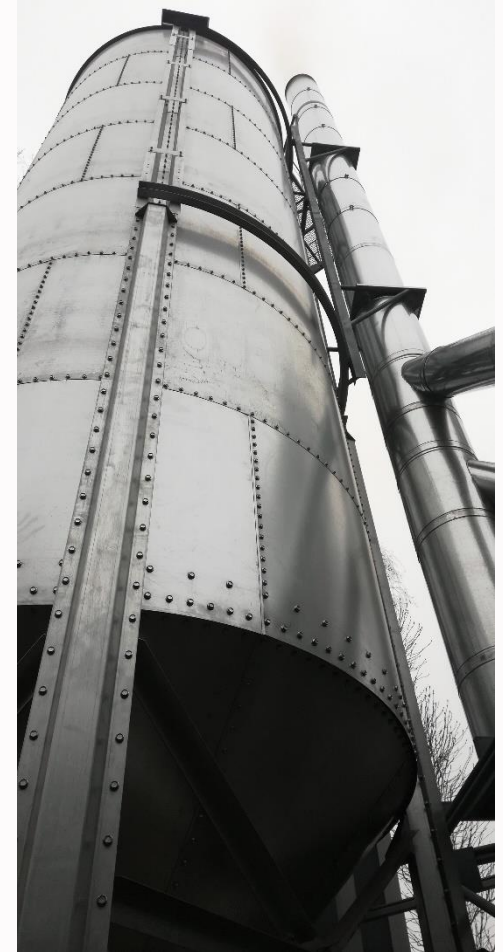
Зберігання пелет у сховищах

Попередження ризиків виникнення пожеж у силосі:

- не допускати протікання даху;
- час перебування біопалива у сховищі повинен бути менше максимального часу для заданого вмісту вологи;
- моніторинг вмісту вологи;
- розвантажувати за правилом перша партія прийшла перша вийшла;
- повністю розвантажувати і очищати силос;
- запобігати завантаженню перегрітого матеріалу;
- ізоляція силосу для запобігання утворенню конденсату.



*На електростанції
Draخ (Англія) чотири
сховища, кожне
може вмістити 80
тис. т деревних
пелет.*





Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую!

Семен Драгнєв



Експерт UABIO, к.т.н.



+380 66 324 84 80



dragnev@uabio.org



<https://uabio.org>

