Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Особливості транспортування різних видів біомаси і біопалива

Олександра Трибой,
Старший консультант, НТЦ «Біомаса»

Зміст

01 Вплив характеристик біомаси на транспортні витрати

02 Відстань транспортування

03 Транспортування у різних біоенергетичних ланцюгах

04 Транспортні засоби для перевезення біомаси

05 Вартість транспортування

01. Фактори, що впливають на транспортні витрати

Фактори, що впливають на транспортні витрати

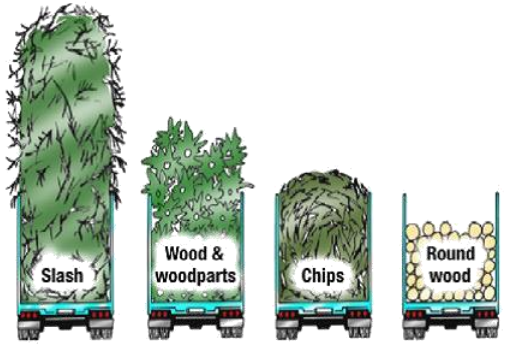
- Характеристики біомаси

- Відстань транспортування/
  Вид транспорту

- Складування

Вплив характеристик біомаси на транспортні витрати

- Співвідношення об'єму до ваги
- Співвідношення вартості до ваги
- Особливі характеристики



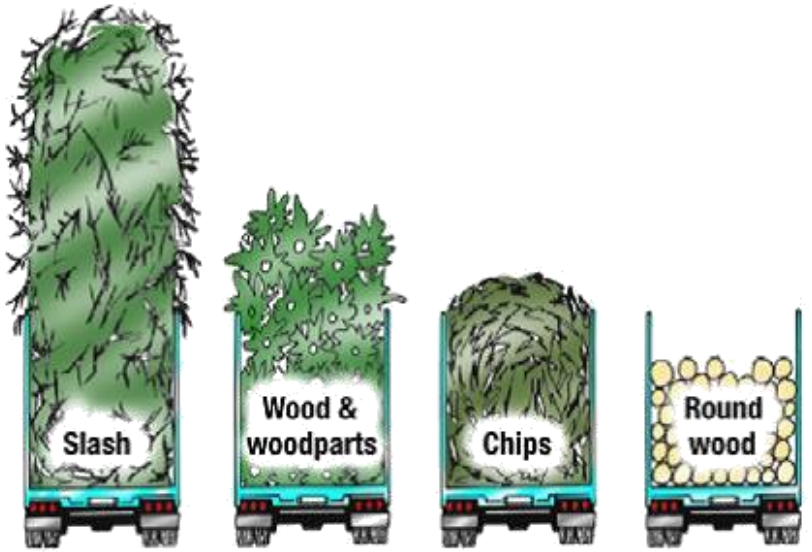
Вплив характеристик біомаси на транспортні витрати (2)

➢ Співвідношення об'єму до ваги

Продукти з низьким співвідношенням об’єму до ваги, як правило, повністю використовують вантажопідйомність дорожнього вантажного транспортного засобу. Високе співвідношення об'єму до ваги означає, що продукція займає більше місця та призводить до недостатнього використання транспортного засобу, а отже, збільшуються витрати на транспортування (та зберігання).

Кажуть, що продукти з низьким співвідношенням об’єму до ваги мають «високу об’ємну щільність», тоді як продукти з високим співвідношенням мають «низьку об’ємну щільність».

Насипна щільність визначається як маса на одиницю загального об’єму або іншими словами, як маса багатьох частинок матеріалу, поділена на загальний об’єм, що вони займають.



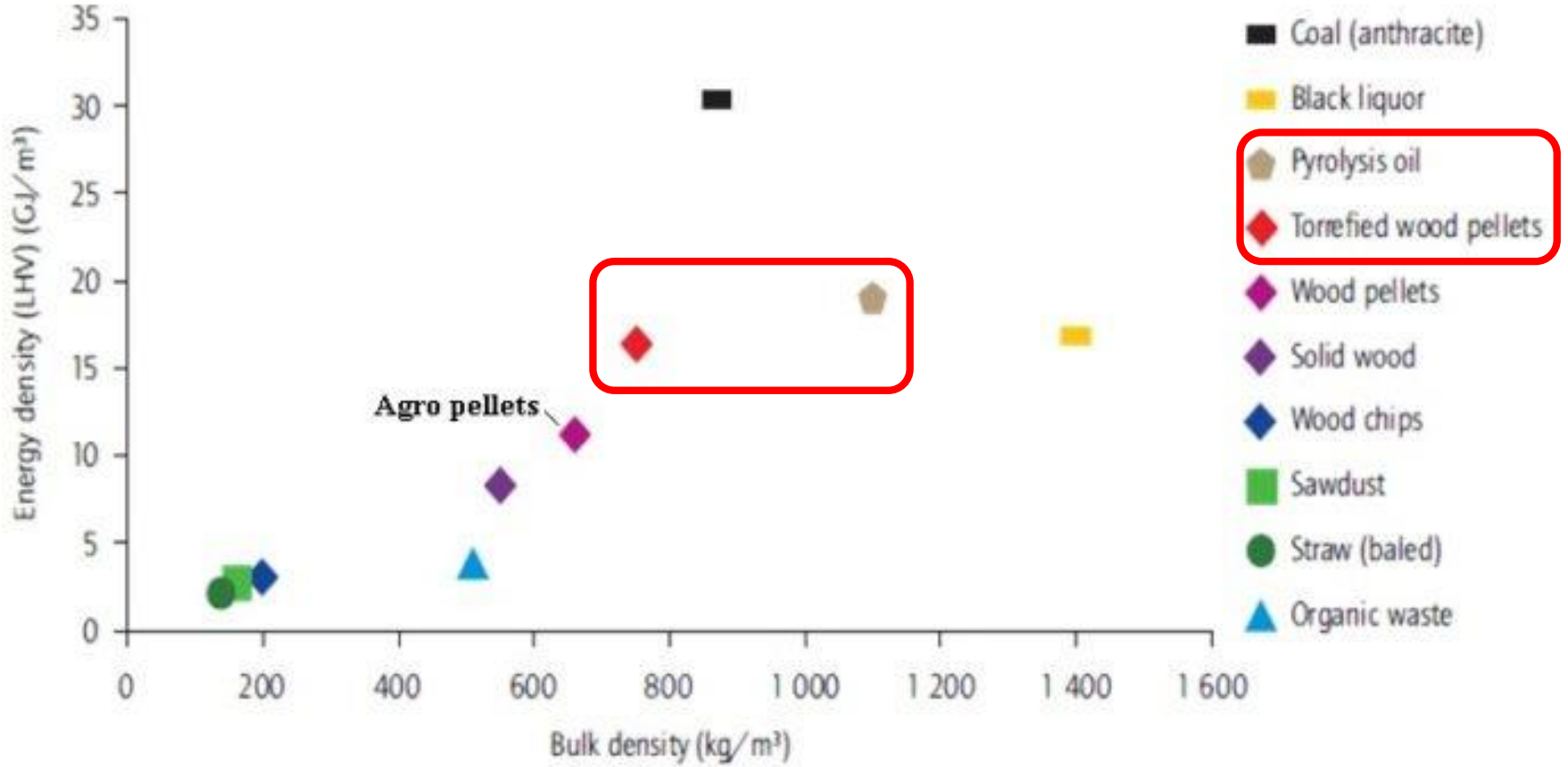
Насипна щільність та енергетична щільність різних видів біомаси та біопалив (1)

Насипна щільність є важливим параметром для поставок палива в об'ємному обсязі, і разом із нижчою теплотворною здатністю вона визначає «енергетичну щільність» або «об'ємний енерговміст»('energy density'). **Знання насипної щільності полегшує оцінку вимог до простору для транспортування та зберігання**.

	Feedstock	Moisture content (%)	Bulk density (kg/m^3)	Low heating value (GJ_{NCV}/tonne)	Energy density (GJ_{NCV}/m^3)
Свіжа деревина	Fresh wood	35–58	200–250	9–12	2–3
Тюкована солома	Baled straw	15 (air dried)	140	15	2
Деревні тріски	Wood chips	20 to 25 (air dried)	200	15	3
Тирса	Sawdust	20 to 25 (air dried)	160	15	2.4
Висушена деревина	Solid wood	20 (air dried)	550	15	8
Брикети	Briquettes	8	650	16	10
Деревне вугілля	Charcoal	2–3	300	27	10
Деревні пелети	Wood pellets	8	650	17	11
Торефіковані деревні пелети	Torrefied wood pellets	2	700	20–21	15
Вугілля	Coal	12	825	20–30	21

Джерело: https://www.irena.org/Publications/2019/Jan/Solid-Biomass-Supply-for-Heat-and-Power

Насипна щільність та енергетична щільність різних видів біомаси та біопалив (2)

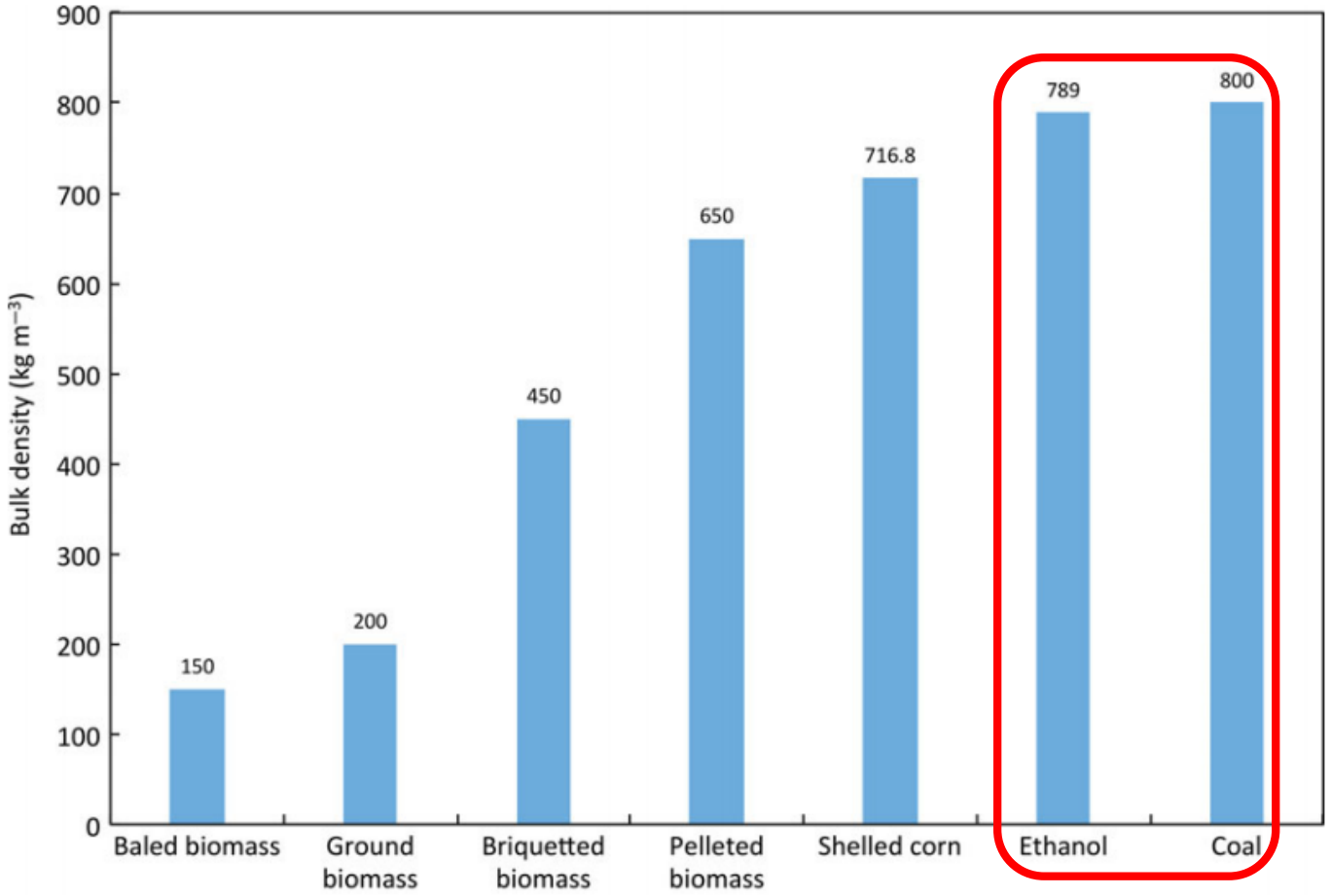


Source: IEA analysis based on DENA, 2011; FNR, 2011a; IEA Bioenergy, 2011; Kankkunen and Miikkulainen, 2003. For detailed data see Table 6 in Appendix I.

Джерело: *https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biomass-resources/challenges-related-to-biomass/*

Об’ємна щільність різних видів біомаси і біопалив

Об’ємна щільність (і як результат щільність енергії) більшості видів біомаси і біопалив, як правило, низька, навіть після ущільнення біомаси: приблизно 10-40% від об’ємної щільності більшості викопних видів палива, хоча **рідке біопаливо має співставну об’ємну щільність**.



Джерело: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/gcbb.12241

Щільність усіх матеріалів, окрім етанолу, наведена в розрахунку на суху речовину.

Об’ємний енерговміст різних видів паливної біомаси

Паливо	Характеристики	Нижча теплотворна здатність,		Насипна вага, кг/м³	Об’ємний енерговміст, Гкал/м³	Об’ємний енерговміст, ГДж/м³
		од. виміру	значення			
Вугілля	Антрацит рядовий	МДж/кг	24,4	800-1000	5,25	21,98
Дрова	у повітряно-сухому стані	МДж/кг	13,5	400-500	1,3-1,6	5,44 – 6,7
Тріски деревні, вільним насипом	вологість 20%	МДж/кг	14,5	205-250	0,71-0,86	2,97 – 3,6
	вологість 40%	МДж/кг	10,2	240-300	0,58-0,73	2,43 – 3,06
	вологість 50%	МДж/кг	8,1	260-350	0,5-0,68	2,09 – 2,85
Тріски деревні, утрамбовані	вологість 40%	МДж/кг	10,2	360-390	0,88-0,95	3,68 – 3,98
Стружка деревна без утрамбування	вологість 7-15%	МДж/кг	14-17	105-140	0,35-0,57	1,47 – 2,39
те ж, утрамбована	вологість 7-15%	МДж/кг	14-17	140-215	0,47-0,87	1,97 – 3,64
Тирса деревна велика, утрамбована	вологість 7%	МДж/кг	17	150	0,6-0,65	2,51 – 2,72
	вологість 33-38%	МДж/кг	10,5-12,5	260	0,65-0,70	2,72 – 2,93
Пелети, брикети	з дерева	МДж/кг	17-17,5	550-650	**2,2-2,6**	9,21 – 10,89
	з соломи	МДж/кг	15,5-16	500-600	**1,85-2,2**	7,75 – 9,21
	з лушпиння соняшника	МДж/кг	18-18,5	550-650	**2,4-2,8**	10,05 – 11,72
Солома зернових	вологість 15%, малі тюки	МДж/кг	14,4	90-135	0,31-0,46	1,3 – 1,93
	вологість 15%, великі тюки	МДж/кг	14,4	140-180	0,48-0,62	2,01 – 2,60

***Джерело**: Проєкт USAID “Муніципальна енергетична реформа в Україні”*

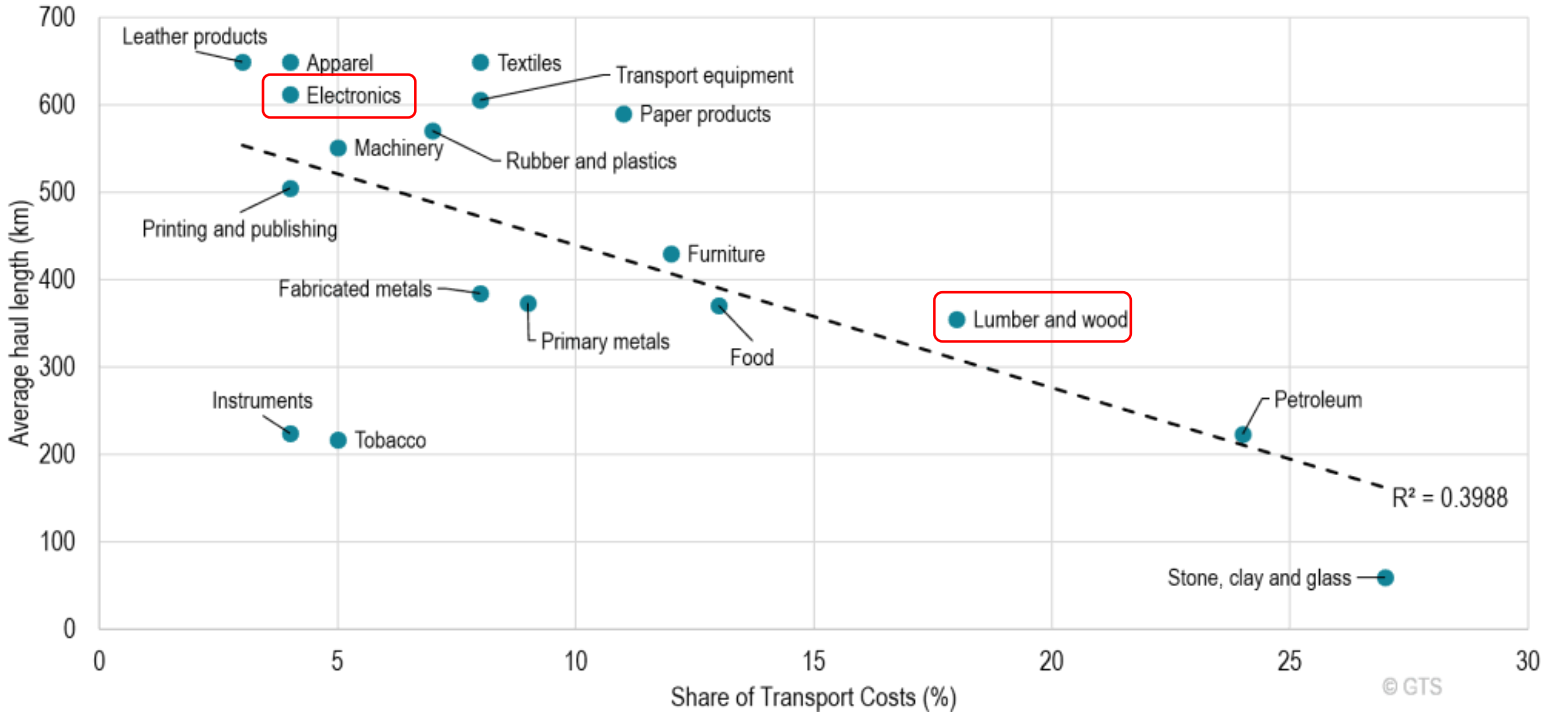
Вплив характеристик біомаси на транспортні витрати (3)

➢ Співвідношення вартості до ваги

Чим вища вартість продукту, тим більший потенціал для поглинання витрат на транспортування та зберігання (тобто менша частка кінцевої вартості продукту, що припадає на транспортування та зберігання). Використовуючи співвідношення вартості до ваги, можна враховувати витрати на розподіл, пов'язані з продуктом, у термінах вартості на одиницю ваги цього продукту (євро/т; грн/т та ін.).

Продукти з **низьким співвідношенням вартості до ваги** (такі як пісок, руда, вугілля, гравій і паливо з біомаси), як правило, пов'язані з **вищими транспортними витратами** (як частка загальної вартості), ніж продукти з високим співвідношенням (наприклад, електронне обладнання та комп'ютери).

Частка транспортних витрат у цінах на продукцію та середній відстані перевезення



Джерело: https://transportgeography.org/contents/chapter3/transportation-and-economic-development/transport-costs-prices-domestic-haul-united-states/

Вплив характеристик біомаси на транспортні витрати (3)

➢ Особливі характеристики

Існує низка інших характеристик продукту, які впливають на вибір відповідної системи транспортування:

- Крихкість чи гігроскопічність продукту визначатиме вимоги до упаковки для захисту продукту під час транспортування.
- Швидкість псування продукту впливатиме на умови, за яких він повинен переміщуватися та зберігатися, а також на швидкість, з якою він має проходити через ланцюг постачання.

Певні продукти, такі як гній для тварин, мають небезпечні характеристики, тому їх потрібно переміщувати, обробляти та зберігати окремо від інших продуктів із дотриманням суворих правил.

Перевезення відходів

Перекачування відходів у біореактор

Вплив виду транспорту на витрати перевезення

	ПЕРЕВАГИ	НЕДОЛІКИ
	• Економічно вигідний для коротких відстаней • Швидка доставка на короткі та середні відстані • Широке охоплення ринку навіть у віддалених регіонах • Як правило, надійний і високоманевровий вид перевезення.	• Обмежений розміром вантажівки та дозволеним навантаженням на дорожнє полотно • Менш економічний щодо витрат палива порівняно із залізницею та водним транспортом • Можливі затримки, пов'язані з трафіком, дорожніми роботами чи погодою.
	• Один із найбільш економічних способів, особливо для великих обсягів/великих відстаней • Можливість перевозити великі обсяги за один раз • Добре пристосований для перевезення різних партій вантажів за будь-яких погодних умов • Можна очікувати доставку у заздалегідь визначені терміни • Екологічно відповідальний і паливно ефективний	• Обмеження використання залізниці через відсутність під'їзних шляхів і рухомого складу • Затарка відкритих вагонів вантажами на подах або біг-бегами займає відносно багато часу, а навантаження зерновозів через верхні люки вимагає спеціального обладнання – силосів або бункерів з рухомою підлогою і транспортерами для підйому гранул • Може знадобитися координація з вантажівками на перших та останніх кілометрах
	• Один із найдешевших способів доставки (для вантажів вагою понад 100 тонн на відстанню понад 250 км • Висока вантажопідйомність з невеликими обмеженнями за розміром і вагою • Екологічно відповідальний і паливно ефективний	• Повільний час транспортування • Може бути важко передбачити та контролювати час доставки • Перевантаження або незаплановані збої в роботі через застарілу інфраструктуру можуть спричинити затримки

Вплив розміру транспортного засобу на витрати перевезення

- Чим **більший** транспортний засіб, тим менша вартість переміщення вантажу за тону
- Чим **менший** транспортний засіб, тим нижчі його погодинні експлуатаційні витрати.

Більші транспортні засоби мають нижчі питомі витрати на завантаження та розвантаження на перевезену тону

Економія на масштабі:

Наприклад, потрібен лише один водій незалежно від того, чи розглядається великий транспортний засіб вагою 24 тони, чи малий транспортний засіб вагою 4 тони.

Вартість поїздки з розрахунку на завантаження автомобіля буде нижчою для невеликої вантажівки, ніж для великої.

Витрати на завантаження невеликого транспортного засобу зазвичай будуть нижчими для невеликого транспортного засобу, ніж для великого, оскільки час, необхідний для завантаження буде меншим.

*На транспорт може припадати **до 70% загальних витрат на доставлене паливо**, залежно від типу біомаси.*

Насипна щільність різних видів біомаси та оцінка корисного навантаження транспортного засобу

Тип Біомаси	Насипна щільність, кг/м3	Корисне навантаження транспортного засобу, т	% тонажу транспортного засобу
	(a)	*(d)=(a)x110м3/1000*	*(d)/22т*100*
Солома пшениці/ ячменю	50	5,5	25%
Лушпиння неущільнене	95	10,5	47,5%
Великі квадратні тюки соломи	120	13,2	60%
Великі квадратні тюки з ПП кукурудзи	200	22	100%
Гранули з соломи/лушпиння/деревини	650	22	100%
Стебла кукурудзи/соняшника	85	9,4	42,5%
Качани кукурудзи/головки соняшнику	170	18,7	85%
Деревна тріска	250	22	100%
Дрова	320	22	100%
Тирса	150	16,5	75%
Відходи від лісозаготівлі	150	16,5	75%

* Розглянутий транспортний засіб – вантажний автомобіль із причепом загальним обсягом 110 м3 та загальною вантажопідйомністю 20 т.

Якщо фактична вага вантажу при повному заповненні автотранспорту перевищує його вантажопідйомність, береться макс. Дозволена вантажопідйомність –* ***22 т*.*

Вплив розмірів складів на вартість транспортування біомаси

Зазвичай енергетичний об'єкт, на який постачається біопаливо має обмежені склади для зберігання палива (2-8 денний запас). Це пов'язано з одного боку із доступністю простору для зберігання запасів, а з іншого, з витратами на таке зберігання, як з **прямими витратами** (більші склади потребують більших витрат на будівництво і експлуатацію), але також і **фінансовою вартістю на утримання запасів** (тобто коли будуть зберігатись більші запаси, то це по суті вартість зберігання грошей, вкладених у запаси на складі).

Площі складів більші для неущільненої біомаси, у порівнянні із гранулами, а це у свою чергу збільшує витрати на транспортування і як результат збільшується кількість ходок транспорту, створюється додаткове навантаження на автомобільні шляхи.

02. Відстань транспортування

Фактори, які впливають на відстань транспортування біомаси

Площа збору ресурсів біомаси і, відповідно, відстань транспортування, на яку доведеться перевозити біомасу між місцями зберігання та виробництва енергії, залежатимуть від низки ключових факторів. До них належать:

- Розмір енергетичної установки та технологія перетвореннящо використовується
- Досягнута урожайність (у випадку агробіомаси/ енергетичних рослин)
- Площа земель поблизу теплової станції під енергетичними культурами, або культурами, які утворюють біомасу як побічний продукт (наприклад, солома), або лісистість місцевості у випадку використання лісової біомаси
- Доступність ресурсів біомаси (наприклад, солома має конкуруючі види використання, і, отже, лише її частина буде доступна для енергетичного використання).

***Джерело**: Rentizelas, A. A., Tolis, A. J., & Tatsiopoulos, I. P. (2009). Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. Renewable and sustainable energy reviews, 13(4), 887-894.*

Зазвичай вважається, що транспортування біомаси/біопалив автотранспортом (окрім гранул/ брикетів) є доцільним на відстань в межах 150 км, коли витрати на транспортування по відношенню до маси/енергії залишаються економічно прийнятними. В такому випадку витрати на транспортування можуть перевищувати вартість самої сировини, що транспортується. На практиці, радіус доставки намагаються звузити до 30 км.

***Джерело**: Посібник «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні», 2016*

Фактори, які впливають на відстань транспортування біомаси

Так, економічно обґрунтовані відстані для транспортування деревної тріски з порубкових решток складають до 50-100 км, для деревної тріски з пиловнику - до 150 км, а деревну тріску з енергетичних деревних культур доцільно перевозити на відстань до 100-200 км.

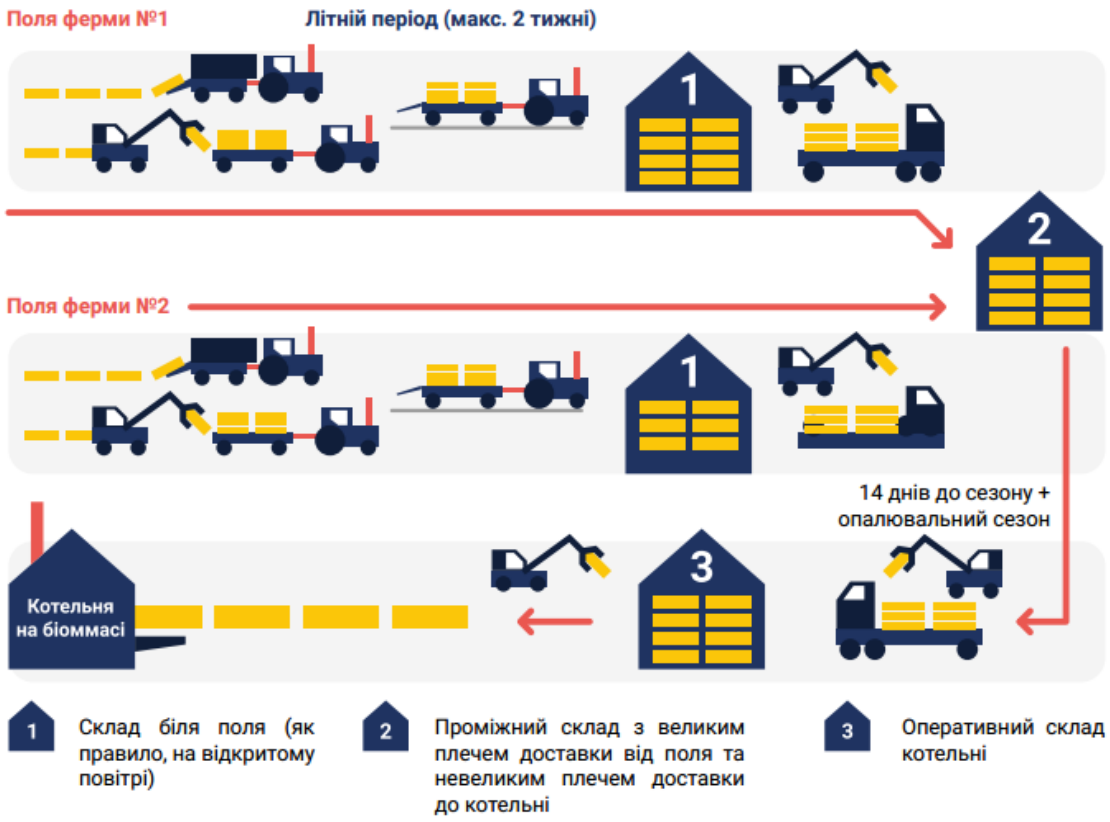
Для відстаней більше 145 км рекомендовано використовувати залізничний транспорт.

Зазвичай вважається, що транспортування біомаси/біопалив автотранспортом (окрім гранул/ брикетів) є доцільним на відстань в межах 150 км, коли витрати на транспортування по відношенню до маси/енергії залишаються економічно прийнятними. В такому випадку витрати на транспортування можуть перевищувати вартість самої сировини, що транспортується. На практиці, радіус доставки намагаються звузити до 30 км.

***Джерело**: Посібник «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні», 2016*

03. Транспортування у різних біоенергетичних ланцюгах

Транспортування сільськогосподарських залишків (1)



Солома зазвичай перевозиться у тюках, що дозволяє збільшити її щільність у 4 рази до 170 кг/м3.

Для надійного закріплення тюків використовуються спеціальні стяжні ремені з гаками та храповим механізмом для натягування стрічки.

Найбільш розповсюдженим способом транспортування тюкованої соломи є використання вантажних автомобілів з причепами або автомобілів тягачів з довгомірними напівпричепами платформами.

Транспортування сільськогосподарських залишків (2)

Перевезення по полю: Трактором з причепом до складу на краю поля або до іншого децентралізованого складу (наприклад, на фермі).

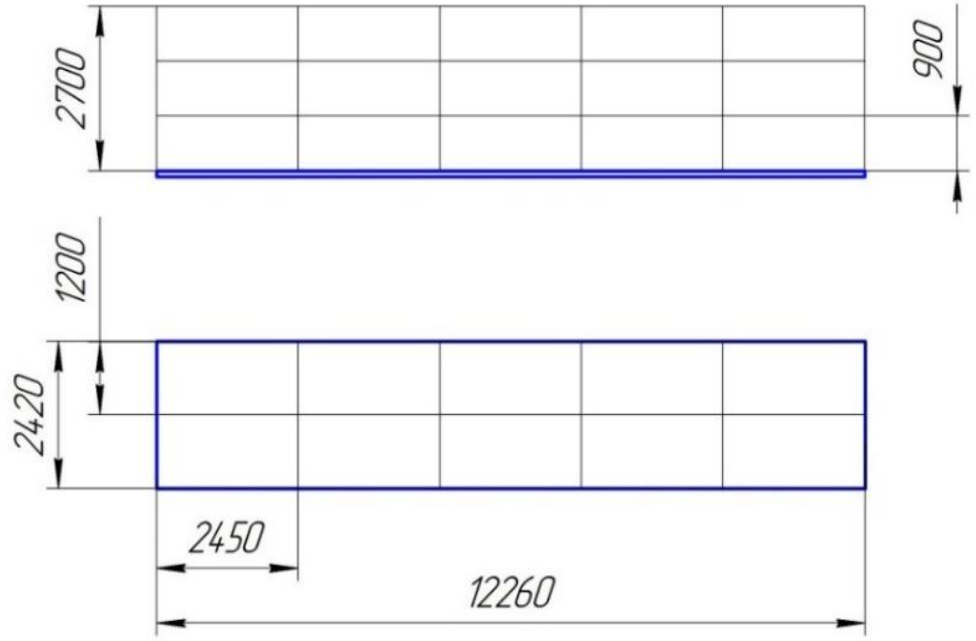
Децентралізоване зберігання: критий склад (найдорожче), склади без стін, обгортання плівкою, відкрите зберігання (найдешевше).

Перевезення автомобільними дорогами: Вантажівкою/вантажівкою з причепом. Якщо відстань невелика (зазвичай <5 км), то тюки можна перевозити трактором з причепом.

Транспортування сільськогосподарських залишків (3)

Схема розміщення у напівпричепі тюків соломи шириною 1,2 м х висотою 0,9 м х довжиною 2,45 м

5 тюків у ряд *2 ряди * 3 тюка у стопці = 30 тюків



Стяжні ремені для закріплення вантажу

Дозволена висота транспортного засобу 4,0 м, а у разі погодження маршруту відповідно до Законодавства України можна без дозволу перевозити вантажі заввишки від поверхні дороги до 4,35 м включно.

Як безпечно закріпити тюки соломи до транспортного засобу (відео)

Аналіз варіантів перевезення тюків

Показник	Транспортування вантажним автомобілем	Транспортування трактором з причепом	Транспортування трактором із самозаванта-жувальним причепом
Площа платформи, м^2	24-43	16,4-24	7,5-17,8
Потужність двигуна, к.с.	220-425	82-150	100-140
Вантажопідйомність, кг	14750-27900	7360-20000	4082-9250
Вантажопідйомність, тюків	30-40	16-30	8-20
Максимальна швидкість, км/год.	85-95	25-40	40
Дорожній просвіт, мм	260-300	465	340
Тривалість завантаження тюка, хв.	1-2	1-2	1
Тривалість розвантаження причепа, хв.	30-40*	16-30*	2
Вартість, тис. дол. США	70-122	31-124	30-184
Витрати палива*, л/(т·км)	0,018-0,022	0,057-0,066	0,08-0,128
Поле – Локальний склад (5 км)			
Витрати палива, л/т	0,18-0,22	0,57-1,16	0,8-1,28
Витрати часу, хв./т	7,6-8	8,3-9,8	3,3-4,6
Продуктивність, т/год.	7,5-7,9	6,1-7,2	13-18,2
Локальний склад – Центральний склад (30 км)			
Витрати палива, л/т	1,08-1,32	3,42-3,96	–
Витрати часу, хв./т	7,6-8,7	10,9-16,7	–
Продуктивність, т/год.	6,9-7,9	3,6-5,5	–

Транспортування лісової деревини

Подрібнення дерев на тріску на площадці біля дороги на сьогодні найбільш розповсюджений варіант заготівлі паливної деревини в європейських країнах (Фінляндія, Швеція, Словакія, Чехія).

Порубкові рештки збираються і доставляються до дороги форвардером, де викладаються у вигляді валів для зберігання протягом певного періоду часу з метою сушки.

Форвардери - самозавантажувальні машини для трелювання сортиментів або відходів рубки

Тріска виробляється пересувною рубальною машиною, агрегованою з с/г трактором, і вивозиться з лісу вантажівками.

Для виробництва і перевезення менших обсягів деревної тріски можна використовувати автотрісковоз, оснащений рубальним модулем.

Подрібнювач, встановлений на вантажному автомобілі

04. Транспортні засоби для перевезення біомаси та біопалив

Різні види транспорту для перевезення біомаси

Залежно від відстані транспортування та типу біопалива можна використовувати різні види транспорту:

- **Трактори з причепами**

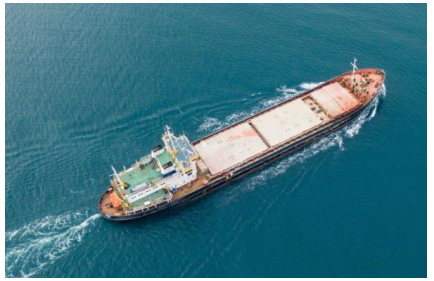
Трактори з причепами зазвичай використовуються для транспортування на короткі відстані неподрібнених відходів рубки, деревної тріски та різних видів палива з трав'яної біомаси. Середня відстань для тракторного транспорту становить близько 10 км.

- **Вантажівки**

Вантажівки використовуються для перевезення всіх видів палива з деревної біомаси на середні та далекі відстані. Використовуються різні типи вантажівок залежно від типу біопалива, що транспортується. Для перевезення колод використовуються бортові вантажівки з бічними стійками. Сипучі матеріали, такі як деревна стружка, зазвичай транспортуються у вантажівках з бічними стінками та відкидною платформою. Пелети також можна перевозити такими самоскидами, але замість них зазвичай використовуються спеціальні автоцистерни. Типові транспортні відстані для постачання опалювальних установок на біомасі та ТЕЦ становлять від 20 до 120 км.

- **Потяги**

Залізничний транспорт використовується для перевезення колод, в'язок і промислових побічних продуктів насипом. Існують різні вагони залежно від палива, яке потрібно транспортувати.



- **Судна**

Транспортування палива з біомаси судном може бути доцільним для великих відстаней і великомасштабної торгівлі біомасою і особливо актуально для транспортування пелет, оскільки пелети тепер стали продуктом, що продається на міжнародному рівні. У Скандинавії транспортування пелет водним транспортом стало дуже актуальним, як у межах Скандинавії, так і для імпорту з Канади. Однак не лише пелети, але й деревну тріску, тюки чи в'язанки можна транспортувати водним транспортом.

Транспортні засоби для перевезення агробіомаси

Трактор з причепом

Автотранспорт

Транспортні засоби для перевезення деревної тріски

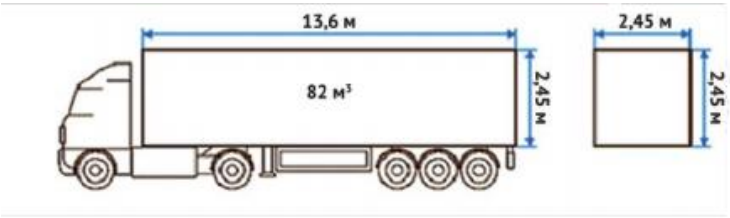
Мультиліфт з контейнером

Ковшовий навантажувач

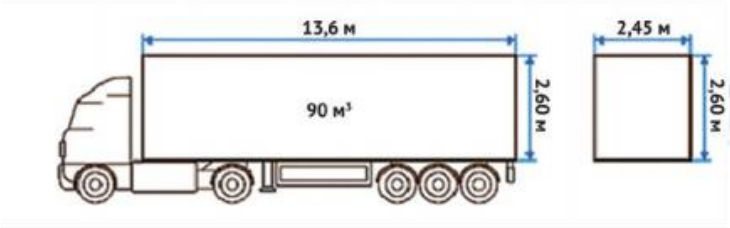
Вантажний контейнер

Вантажні контейнери

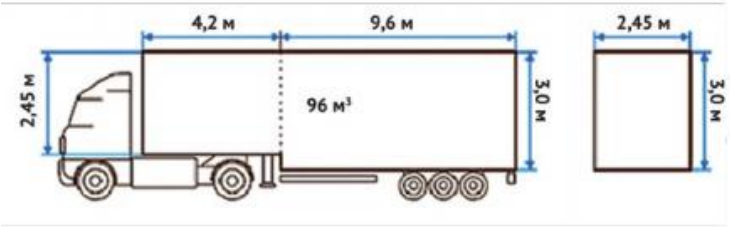
Транспортні засоби для перевезення тріски



Вантажопідйомність 20-24 т;
Внутрішні розміри: 13,6x2,45x2,45 м;
Об'єм: 82 м3



Вантажопідйомність 20-24 т;
Внутрішні розміри: 13,6x2,45x2,6 м;
Об'єм: 90 м³

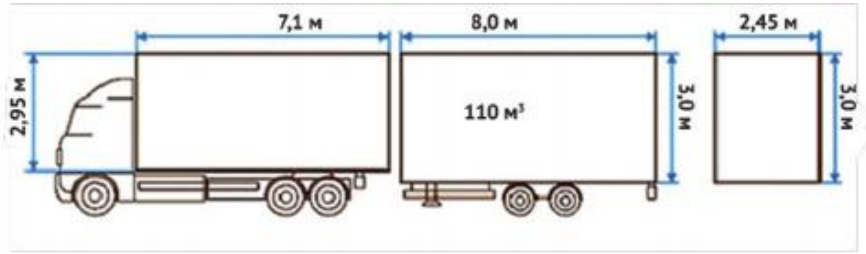


Тип – JUMBO

Вантажопідйомність 20-24 т;
Внутрішні розміри: 13,8x2,45x3,0 м;
Об'єм: 96 м³

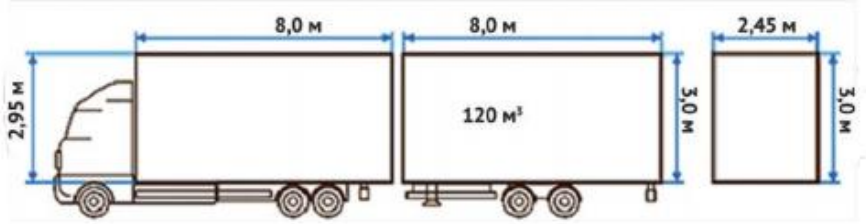
Контейнеровози:

- можна зменшити час очікування водіями
- дорожчі у порівнянні зі звичайними вантажівками
- доцільно використовувати за високої вартості робочої сили
- транспортуються автомобілями DAF, Mercedes, MAN, Renault, Scania, Volvo, Iveco.



Автозцепка

Внутрішні розміри: 7,1x2,45x3,0 м;
Об'єм: 2x60 м³



Автозцепка

Внутрішні розміри: 8,0x2,45x3,0 м;
Об'єм: 2x60 м³

Постачання деревної тріски на котельню (відео)

Транспортні засоби для перевезення пелет

Піддони з 15-кг мішками

Автотранспорт з піддонами

Біг-беги по 1, 1,5 т

Перевезення насипом у пелетовозі

Перевезення біг-бегів автотранспортом

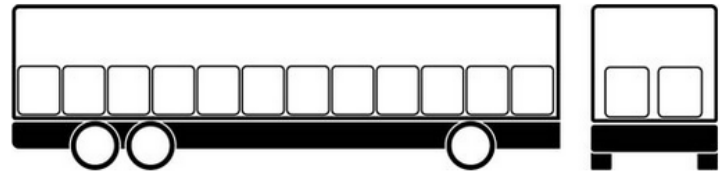


Схема завантаження біг-бегів в автотранспорт

Перевезення пелет пелетовозом (відео)

04. Вартість транспортування

Фактори, що впливають на вартість транспортування в рамках системи постачання біомаси

- **Розмір транспортного засобу** - чим більший транспортний засіб, тим нижча вартість перевезення тони вантажу (оскільки має місце економія за рахунок масштабу).

- **Відстань транспортування** (але увага, збільшення відстані перевезення призведе до менш ніж пропорційного збільшення загальних транспортних витрат на завантаження транспортного засобу).

- **Час на завантаження/розвантаження** (наприклад, якщо дороге транспортне обладнання є неефективним протягом значного проміжку часу на етапах завантаження і розвантаження на складі, це призведе до неефективних показників використання і до здорожчання всього логістичного ланцюга).

Вартість перевезення біомаси різними видами транспорту

Table 8 - Biomass Transporation Costs (AEBIOM 2009; Cornelissen 2013; Goh & Junginger 2013; Miao 2012; NREL 2011; Sokhansanj & Fenton 2006)		
Mode	Distance and Characteristics	Costs (all inclusive)
Ship	Within Europe	USD 0.001 – 0.013/dry t - km
	North America to Europe - Panamax vessels (60-80 kt)	USD 56-90/t pellets
	Russia to Europe (4 to 5k t)	Up to USD 32/t
Train	Within Europe	USD 0.021 – 0.023/dry t - km
	Scandinavia to continental Europe, mix ship/train	USD 34-38/t woodchips
Truck	Local (26t truck, up to 35 km)	USD 0.42/t-km
	Local (20 to 100 km)	USD 6-21/t pellets-chips
	Within Europe (up to 200 km)	USD 15-23/ wet t
	Within US	USD 13/t

Джерело: *IEA-ETSAP Technology Brief P09 – Biomass Production and Logistics;*
https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/P09_Biomass%20prod&log_ML_Dec2013_GSOK.pdf

Розвантаження пелет після перевезення судном (відео)

Типові транспортні витрати для різних видів палива з біомаси на прикладі рамкових умов Австрії

Типові транспортні витрати для різних видів палива з біомаси, транспортні засоби та відстані транспортування (на основі австрійських рамкових умов) наведені в таблиці.

Транспортування палива з біомаси трактором загалом є порівняно дорогим.

Вантажівки є розумним транспортним засобом для всіх видів палива з деревної біомаси.

Залізничний транспорт можливий лише в тому випадку, якщо паливо з біомаси необхідно транспортувати на більші відстані.

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

Table 3.9 *Comparison of transportation costs of different biomass fuel under Austrian framework conditions*

Fuel	Moisture content [wt% (w.b.)]	Bulk density [kg (w.b.)/m³]	Means of transport	Transport capacity [m³]	Energy content [GJ]	Total costs [€/GJ (NCV)]	Specific costs [€/kmt (d.b.)]
Bark	50	320	Truck	70	180	0.40	0.13
	50	320	Train, 20 wagons	1400	3636	0.89	0.29
Bark (dried)	30	230	Truck	100	284	0.26	0.09
Industrial waste woodchips (wet)	50	340	Truck	65	180	0.40	0.13
Industrial waste woodchips (dry)	30	240	Truck	95	281	0.26	0.09
Sawdust	50	240	Truck	95	184	0.38	0.13
Pellets	10	550	Truck, container	35	320	0.46	0.09
	10	550	Train, 20 wagons	1400	12,755	0.38	0.07
Forest woodchips	30	250	Truck, container	35	108	0.28	0.48
	30	250	Tractor, trailer	12	36	1.33	2.33
Forest residues	50	80	Tractor, trailer	12	7	6.30	10.22
Whole trees (thinnings)	50	160	Tractor, trailer	12	14	3.15	5.11
Straw (bulk)	15	60	Tractor, trailer	20	18	3.43	5.84
Straw (cuboid bales)	15	140	Tractor, trailer	28	54	0.89	1.49
	15	140	Truck	110	223	0.32	0.11
Whole crops (cuboid bales)	15	190	Truck	110	302	0.24	0.08
Heating oil (extra light)		840	Tank truck	30	1087	0.34	0.07

Explanations: w.b. = wet basis; d.b. = dry basis; NCV = net calorific value.

Source: [1].

Орієнтовна вартість перевезення сипучої біомаси різними видами транспорту (радіус транспортування приблизно 200 км)

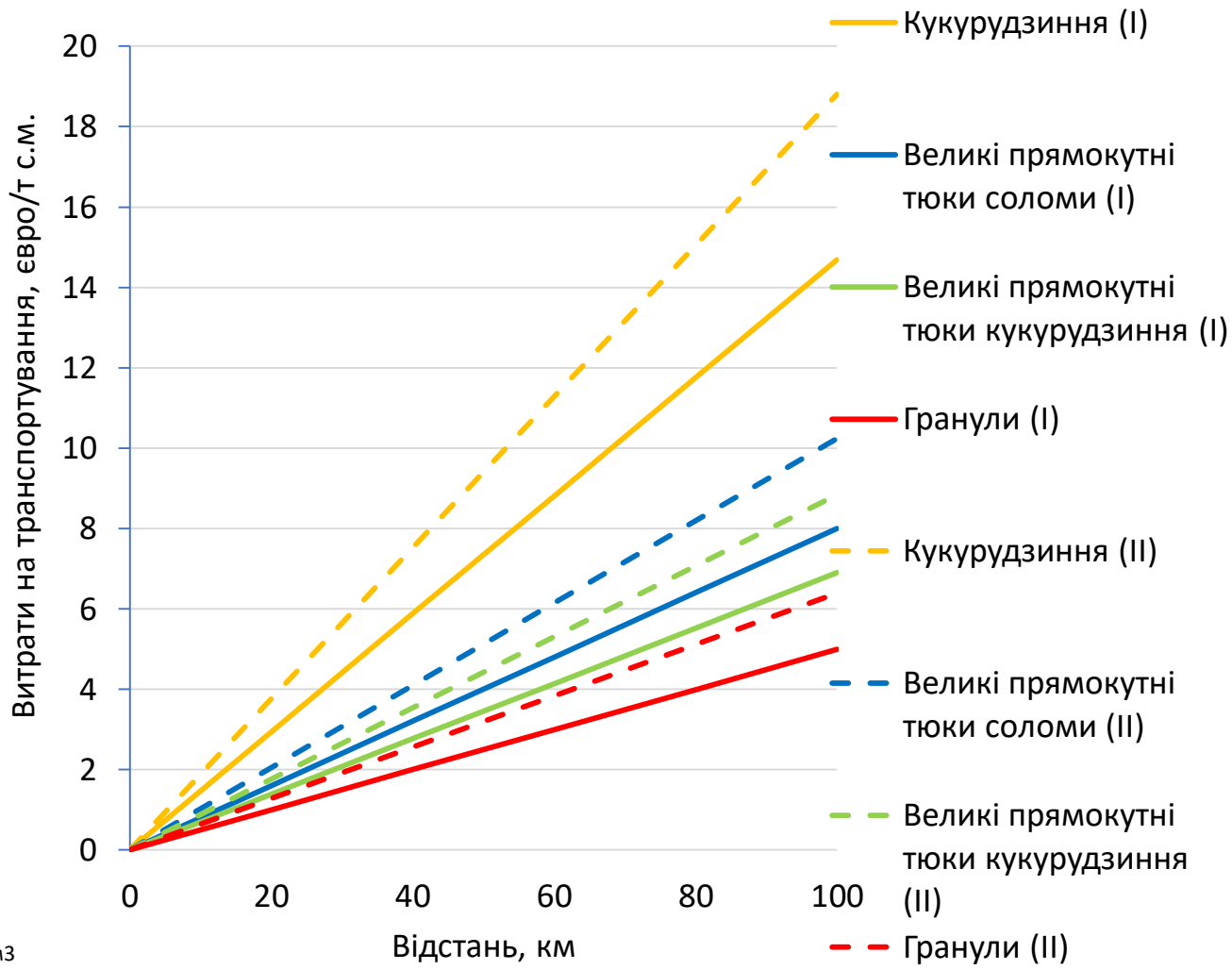
Вид біомаси	Вартість транспортування, грн./т·км			
	Автомобільний транспорт		Залізничний транспорт	Річковий транспорт
	орендований	власний		
Солома неущільнена	4,55	1,78	0,35	0,53
Лушпиння неущільнене	1,90	0,75	0,35	0,53
Великі тюки соломи	1,59	0,62	0,48	0,72
Відходи від лісозаготівель	1,21	0,47	0,48	0,72
Тирса	1,21	0,47	0,31	0,47
Гранули з біомаси, деревна тріска, дрова, торф фрезерний	1,00	0,39	0,31	0,47
Брикети з біомаси	1,00	0,39	0,55	0,83

***Джерело**: Посібник "Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні" (2016)*

Вартість транспортування агробіомаси та біопалив

Тип побічної продукції	Вартість перевезення, EUR/т·км	
	Транспортний засіб, що належить виробникові[2)]	*Орендований транспорт*[3)]
Солома пшениці/ ячменю	0,111	0,138
Великі квадратні тюки соломи	0,046	0,087
Гранули з біомаси[4)]	0,031	0,058
Енергетичні рослини (тріска)	0,031	0,058
Стебла кукурудзи/ соняшника	0,065	0,122
Великі тюки з ПП кукурудзи	0,031	0,058
Качани кукурудзи/ головки соняшнику	0,033	0,062
Лушпиння соняшника	0,037	0,071

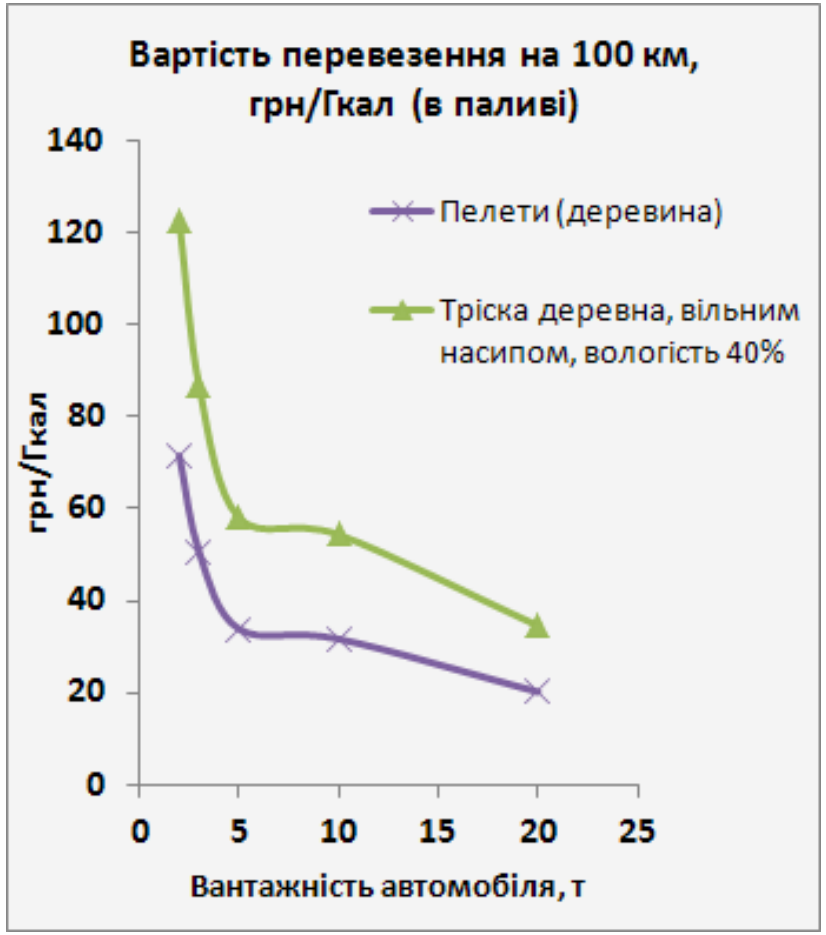
1) Розглянутий транспортний засіб – вантажний автомобіль із причепом загальним обсягом 110 м3 та загальною вантажопідйомністю 20 т. Пробіг автомобіля включає відстань туди і назад. 2) Транспортні витрати включають di 3) Транспортні витрати оцінюються на основі поточних цін оренди транспортного засобу. 4) Включено для порівняння.



I – власний транспорт; II – орендований транспорт

Витрати на перевезення різних видів паливної біомаси

Автомобіль вантажо-підйомніс-тю до, т:	Дрова	Тріска деревна, вільним насипом, вологість 40%	Пелети (дере-вина)	Солома зернових (великі тюки)
Вартість перевезення на 100 км, грн/т				
2	298.6	298.6	298.6	298.6
3	210.8	210.8	210.8	210.8
5	141.3	141.3	141.3	147.2
10	132.3	132.3	132.3	137.8
20	84.1	84.1	84.1	128.2
Вартість перевезення на 100 км, грн/Гкал (в паливі)				
2	92.7	122.7	71.5	86.9
3	65.4	86.6	50.5	61.3
5	43.9	58.0	33.8	42.8
10	41.1	54.3	31.7	40.1
20	26.1	34.6	20.1	37.3



***Джерело**: Проєкт USAID "Муніципальна енергетична реформа в Україні"*

Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую!

Олександра Трибой

Ст. консультант НТЦ «Біомаса»

tryboi@secbiomass.com

https://secbiomass.com