



**Розвиток та комерціалізація біоенергетичних
технологій у муніципальному секторі в Україні**



ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК
з використання біомаси в якості
палива у муніципальному секторі України
(для представників агропромислового комплексу)

Керівник проекту:

Володимир Лященко

Розробник:

Громадська організація "Агентство з відновлюваної енергетики"

Авторський колектив:

Георгій Гелетуха, Семен Драгнєв, Петро Кучерук, Юрій Матвеєв

Подяка за корисні поради та рецензування:

Желєзній Т.А., Олійнику Є.М., Клименку В.Н., Ігнатенку О.П.,
Ольшанській Н.В., Рябусі О.Ю.

Публікацію "Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України (для представників агропромислового комплексу)" підготовлено на замовлення проекту Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй та Глобального Екологічного Фонду "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні".

Думки, висловлені в цій публікації, належать авторському колективу і не обов'язково відображають думку Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй.

Хоча необхідні заходи щодо змісту цього видання було вжито, Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй не відповідає за точність, повноту змісту і за будь-які збитки чи шкоду, які можуть статися, прямо або опосередковано, через використання цієї публікації.

Усі права захищено. Це видання може бути відтворено повністю або частково в будь-якій формі для освітніх або некомерційних цілей без спеціального дозволу власника авторських прав за умови посилання на джерело. Не допустиме використання цього видання для цілей перепродажу чи для будь-яких інших комерційних цілей без попередньої письмової згоди від ПРООН та ГЕФ. Авторські права © Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй, 2017 р.

www.ua.undp.org, www.bioenergy.in.ua





ЗМІСТ

Вступ	8
Джерела походження та види біомаси. Товарні продукти з біомаси	8
Сучасні тенденції використання біомаси для потреб енергетики	14
Потенціал та поточне використання біомаси в Україні	16
Заготівля сільськогосподарської біомаси та її переробка у тверді біопалива	23
Економічні аспекти заготівлі та переробки сільськогосподарської біомаси	36
Найкращі приклади заготівлі і переробки сільськогосподарської біомаси	41
Вирощування енергетичних культур для виробництва твердих біопалив	46
Економічні аспекти вирощування енергетичних культур	61
Найкращі приклади вирощування енергетичних культур	69

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ПРООН	Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй
ГЕФ	Глобальний Екологічний Фонд
США	Сполучені Штати Америки
ЄС	Європейський Союз
ВДЕ	Відновлювані джерела енергії
НПДВЕ	Національний план дій з відновлюваної енергетики
ПП	Побічні продукти
АПК	Агропромисловий комплекс
ТПВ	Тверді побутові відходи
КЗ	Кукурудза на зерно
ЗППЕ	Загальне постачання первинної енергії
ГЕС	Гідроелектростанції
ВЕС	Вітроелектростанції
СЕС	Сонячні електростанції
ТОВ	Товариство з обмеженою відповідальністю
ПДВ	Податок на додану вартість
СОТ	Світова організація торгівлі
ГЗК	Гірничо-збагачувальний комбінат
СР	Суха речовина
МДФ	Деревоволокниста плита середньої щільності
НААН	Національна академія аграрних наук України
БАУ	Біоенергетична Асоціація України
НАНУ	Національна Академія наук України
н.е.	Нафтовий еквівалент
к.с.	Кінська сила
с/г	Сільське господарство
рН	Водневий показник
д.р.	Діюча речовина
п.м.	Погонний метр

ВСТУП

Біомаса є одним із найбільш перспективних відновлюваних джерел енергії, проте її використання в Україні обмежене, незважаючи на позитивну тенденцію протягом останніх років. Метою проекту ПРООН "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні", який розпочав діяльність у листопаді 2014 року, є сприяння використанню сільськогосподарської біомаси в Україні для муніципального тепло- та гарячого водопостачання.

ДЖЕРЕЛА ПОХОДЖЕННЯ ТА ВИДИ БІОМАСИ. ТОВАРНІ ПРОДУКТИ З БІОМАСИ

Основою біомаси є органічні сполуки вуглецю, які під час спалювання у процесі з'єднання з киснем виділяють тепло. Початкова енергія системи "біомаса-кисень" виникає під дією сонячного випромінювання в процесі фотосинтезу, що є природним варіантом перетворення сонячної енергії.

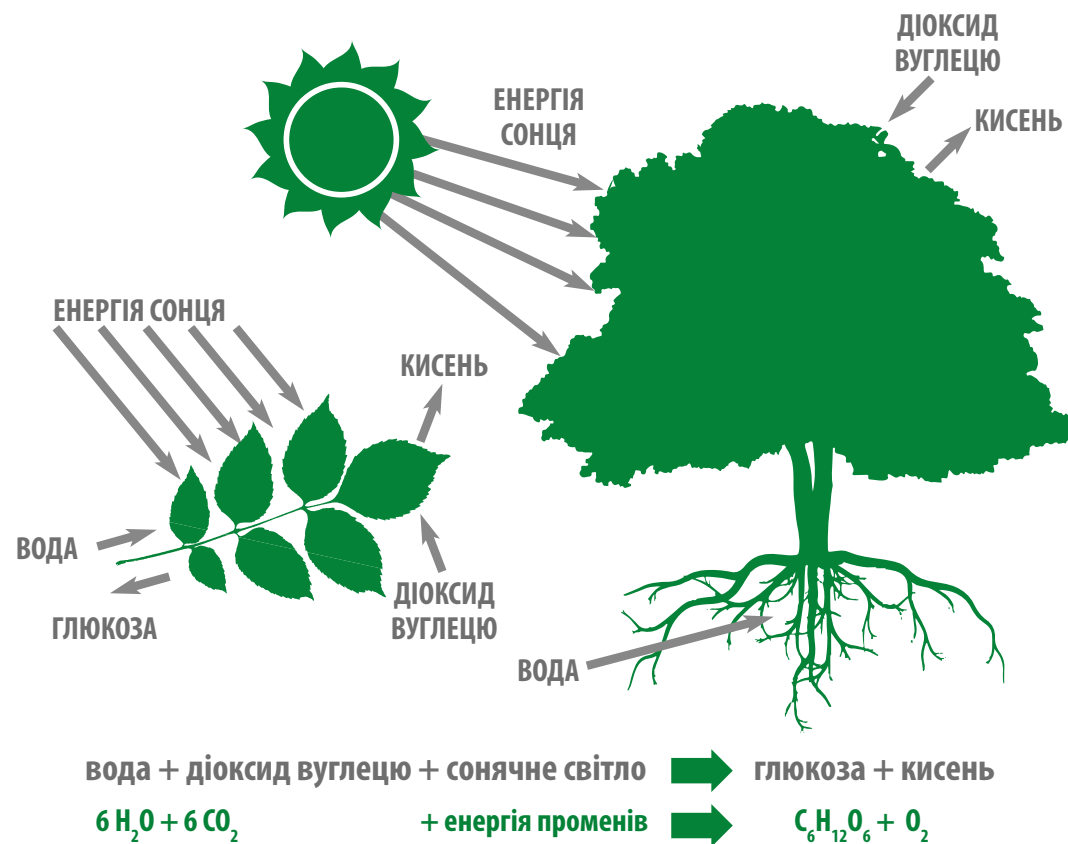


Рисунок 1 – Перетворення сонячної енергії в процесі фотосинтезу

За допомогою хімічних або біохімічних процесів біомаса може бути трансформована в інші види палива або в кінцеву енергію. Під час спалювання біомаси або її похідних продуктів органічний вуглець, що міститься в ній, та

кисень з атмосфери вступають у реакцію з утворенням двоокису вуглецю та води. Процес є циклічним, тому що двоокис вуглецю, який виділився при спалюванні, може брати участь у виробництві нової біомаси. Таким чином, біомаса є відновлюваним джерелом енергії.

Джерелом біомаси та її похідних продуктів для енергетичного використання можуть бути відходи та побічні продукти сільського господарства (рослинництва, тваринництва), харчової та переробної промисловості, відходи домашнього і комунального господарства; деревина лісів та лісонасаджень, відходи їх переробки; продукти водних середовищ; енергетичні культури (рис. 2).

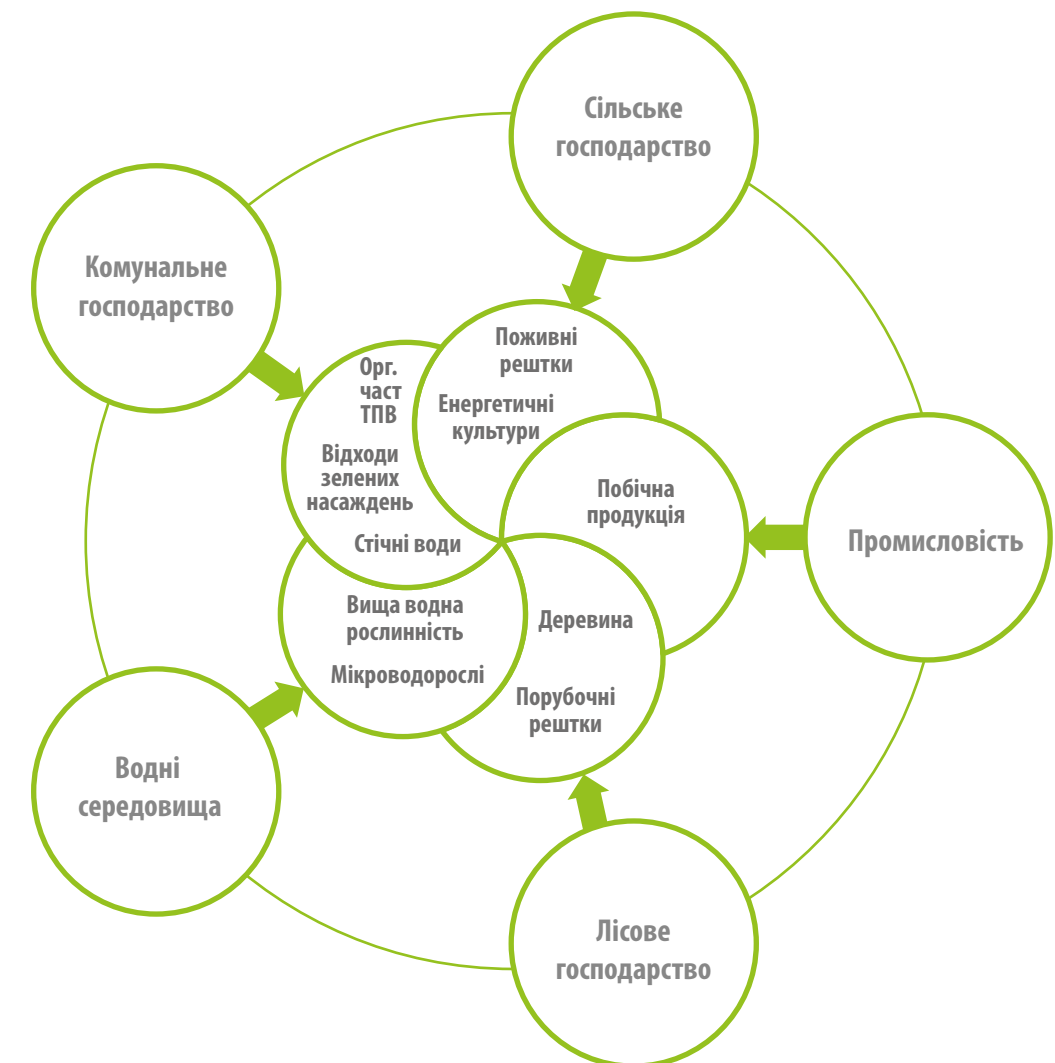


Рисунок 2 – Джерела походження біомаси

Виділяють три групи сільськогосподарської біомаси (рис. 3):

1. первинну, яка є побічним продуктом рослинництва (солома, стебла соняшника та кукурудзи тощо);
2. вторинну, отриману при переробці основної сільськогосподарської продукції (жом, макуха, лушпиння, шкаралупа, костриця і т.п.);
3. гній.

Первинна сільськогосподарська біомаса



Вторинна сільськогосподарська біомаса



Рисунок 3 - Деякі види первинної та вторинної с/г біомаси

Агропромисловий комплекс може виробляти широкий спектр продукції з сільськогосподарської біомаси 1-ї та 2-ї груп: харчові продукти, корм, біопалива, добрива, конструкційні матеріали, сировину для харчової, легкої, фармацевтичної, парфумерної та хімічної промисловості тощо. Так, наприклад, солому застосовують як добриво, підстилку та грубі корми для худоби, сировину для виробництва компосту, будівельний матеріал, переробляють у тверді біопалива: тюки, рулони, паливні гранули (пелети), паливні брикети (табл. 1). Тюкована біомаса є зручною продукцією, яка через ущільнення сировини у 4-5 разів сприяє більш ефективній логістиці та зберіганню (табл. 2). Гній переважно використовують як органічне добриво.



ТАБЛИЦЯ 1 – ТОРГОВІ ФОРМИ ТВЕРДИХ БІОПАЛИВ ІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ БІОМАСИ

Торгова форма	Типовий розмір	Загальний вигляд
Брикети	Діаметр ≥ 25 мм	
Гранули (пелети)	Діаметр < 25 мм	
Тюки: - малі прямокутні	0,1 м³	
- великі прямокутні	3,7 м³	
- круглі (рулони)	2,1 м³	
Подрібнена солома	10...200 мм	

ТАБЛИЦЯ 2 – ДЕЯКІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРГОВИХ ФОРМ СОЛОМИ

Форма соломи	Насипна щільність, кг/м³	Питомий об'єм, м³/т	Питома енергемісткість, ГДж/м³
Насипна	20-50	20-50	0,29-0,72
Подрібнена (січка)	40-60	16-25	0,57-0,86
Круглі тюки (рулони)	70-110	9-14	1,01-1,58
Прямокутні тюки	70-160	6-14	1,01-2,3
Брикети	300-700	1,4-3,3	4,65-11,2
Гранули	500-700	1,4-2,0	7,75-11,2

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо в якості палива або для виробництва біопалива. На сьогоднішній день у світі не існує єдиної загальноприйнятої класифікації, що застосовується для таких культур. Енергетичні культури розрізняють за наступними категоріями:

- цикл вирощування – однорічні (напр.: ріпак, соняшник) та багаторічні (верба, тополя);
- тип – деревоподібні¹ (верба, тополя), трав'янисті (міскантус², просо прутіподібне³);
- характеристики та, відповідно, отримуваний кінцевий продукт – олійні (ріпак/соняшник для виробництва біодизелю), крохмало- та цукровмісні (цукровий буряк/кукурудза для виробництва біоетанолу), лігноцелюлозні (верба/тополя для безпосереднього виробництва теплової та електричної енергії, виробництва твердих біопалив або отримання рідких біопалив 2-го покоління);
- "походження" – класичні культури, призначені виключно для енергетичних цілей (міскантус, двокісточник тростиніподібний) та звичайні сільськогосподарські культури подвійного призначення, що можуть вирощуватись як для отримання харчових продуктів, так і з метою виробництва біопалив (ріпак, цукровий буряк, кукурудза).

Біомасу енергетичних культур також переробляють у тверді біопалива наведених у табл. 1 торгових форм, крім того, з деревних культур можуть бути отримані дрова та тріска.

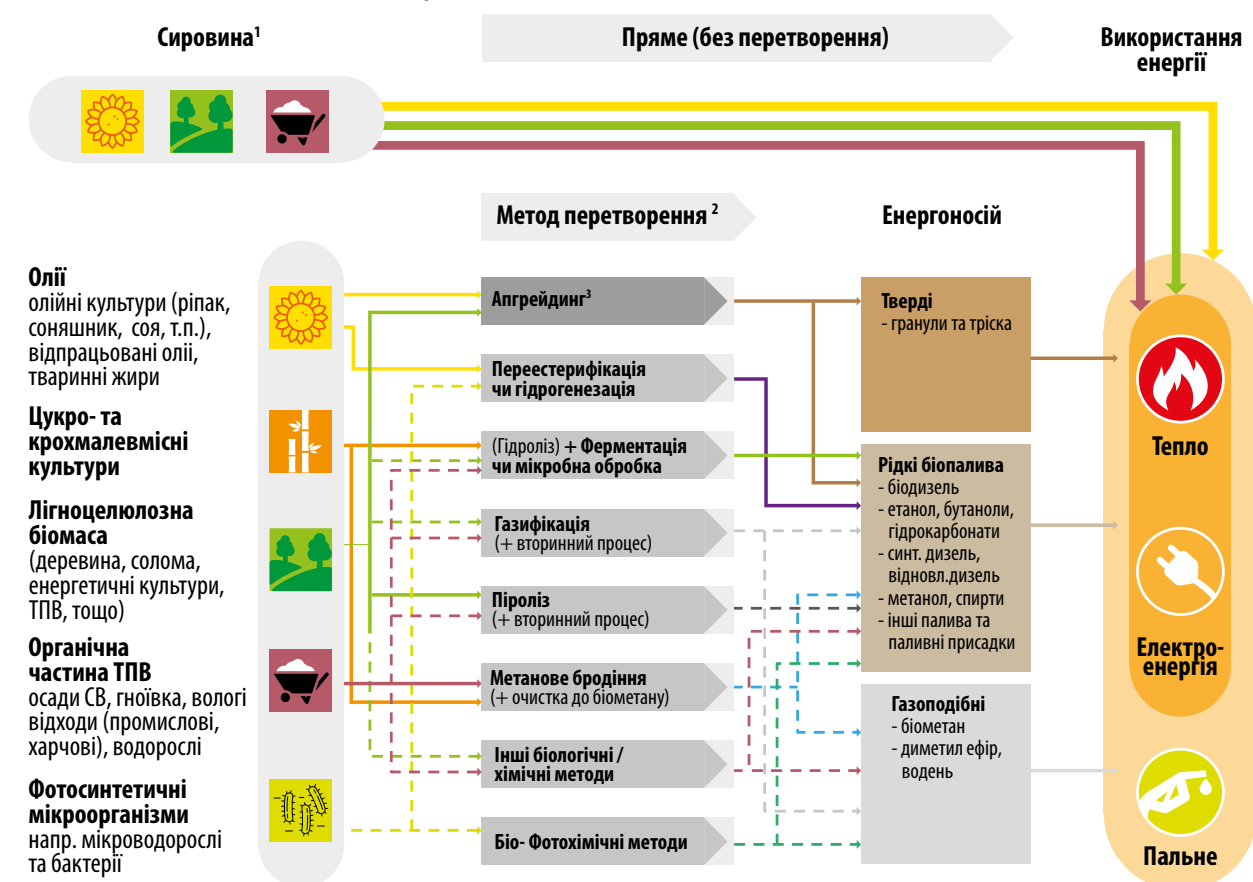
Використання біопалив на біоенергетичних об'єктах потребує вирішення ряду задач, пов'язаних із необхідністю зміни сформованої або створення додаткової ресурсно-логістичної інфраструктури для заготівлі біомаси, її переробки у біопалива та логістики біомаси/біопалива.

¹ Зазвичай це так звані плантації швидкого обороту (SRC – short rotation coppice)
² Також називають "слонова трава"
³ Також називають свічграс



СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ДЛЯ ПОТРЕБ ЕНЕРГЕТИКИ

Однією з головних переваг енергетичного використання біомаси є її мультиваріантність як за технологіями перетворення енергії, так і за способами її кінцевого використання. Біомасу можна використовувати в енергетичних цілях шляхом безпосереднього спалювання (деревина, соломка), а також у переробленому вигляді рідких (ефіри ріпакової олії, спирти, рідкі продукти піролізу) або газоподібних біопалив (біогаз із відходів сільського господарства та рослинництва, осадів стічних вод, органічної частини твердих побутових відходів, продукти газифікації твердих палив). Конверсія (перетворення) біомаси в інші види енергоносіїв або кінцеву теплову чи електричну енергію може відбуватись фізичними, хімічними і біохімічними методами (рис. 4).



Примітка: суцільні лінії представляють комерційні технології, пунктирні – технології, що розвиваються.

1 - частини кожного виду вихідного матеріалу, напр., залишки рослин, також можуть бути використані в інших методах;

2 - кожен метод приводить до утворення побічних продуктів;

3 - апгрейдинг біомаси включає в себе будь-який метод ущільнення енергії (гранулювання, піроліз, торрефікація тощо)

Рисунок 4 – Методи конверсії енергії біомаси⁴

Слід зазначити, що ряд технологій перетворення енергії біомаси є комерційними та широко апробованими. Це, наприклад, перестерифікація олійних сільськогосподарських культур (виробництво біодизелю), ферментація цукро- та крохмаловмісних культур (виробництво біоетанолу), піроліз лігноцелюлозної біомаси, метанове бродіння (виробництво біогазу). Ряд інших технологій, як, наприклад, виробництво біоетанолу 2-го покоління з сільськогосподарської лігноцелюлозної сировини чи виробництво біодизелю з мікроводоростей, знаходяться на різних етапах розвитку і можуть зайняти свою нішу в майбутньому.

За обсягами постачання біомаса є найпоширенішим серед відновлюваних джерел енергії. На біомасу припадає 3/4 загального обсягу енергії з відновлюваних джерел у світі. У 2014 році загальне постачання енергії з біомаси склало 1414 млн т н.е., що на 2,6% більше, ніж у попередньому році. В цілому це становило 10,3% світового енергопостачання. Споживання енергії з біомаси склало 1206 млн т н.е. або 14% споживання енергії в світі⁵.

Частка відновлюваних джерел у виробництві теплової енергії на ТЕЦ та у безпосередньо спожитому теплі (комунальні та промислові котельні, побутові котли і печі) складає 7,1% та 27,7% відповідно, і біомаса тут є домінуючою. У секторі електроенергетики біоенергетика посідає третю сходинку серед відновлюваних джерел енергії з генерацією 493 ТВт·год/рік. Проте лише 2,8% світового сектору транспорту користується рідким біопаливом. При цьому 3/4 світового валового виробництва рідкого біопалива припадає на США та Бразилію.

Лісове господарство продовжує залишатись ключовим джерелом постачання біомаси, що становить 87% загальної пропозиції біомаси, яку складають дрова, побічні продукти деревообробної промисловості, плантації деревних енергетичних культур, деревне вугілля тощо.

Стрімко зростає виробництво гранул із біомаси з поточним обсягом 28 млн т (щорічний приріст – 1,6 млн т). Найбільшими імпортерами гранул є країни ЄС (59% валового постачання), Південна Корея та Японія.

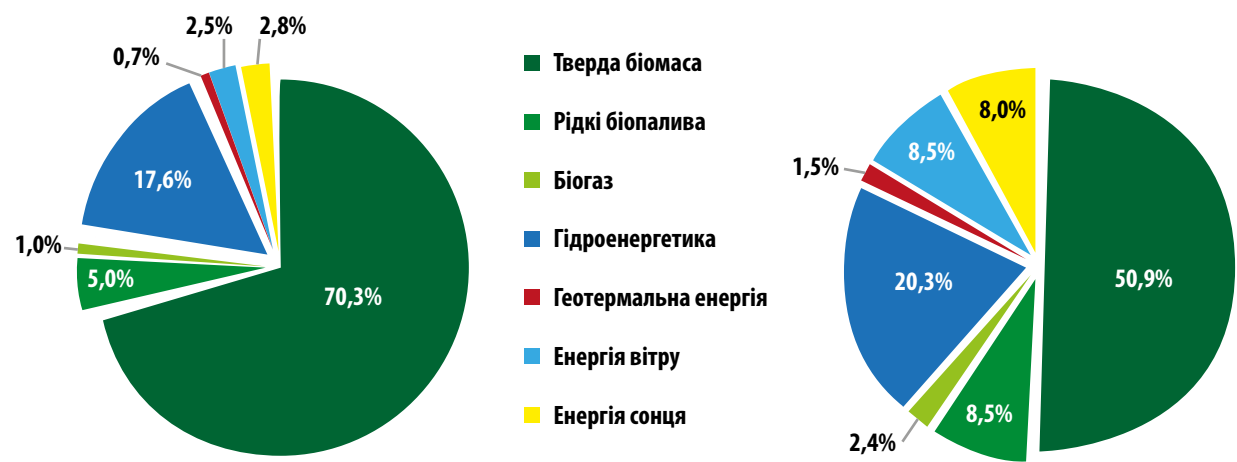
Агропромисловий сектор забезпечує 10% ЗППЕ з біомаси в світі за рахунок використання побічних продуктів тваринництва, рослинництва та спеціально вирощених енергетичних культур.

Виробництво біогазу у світі в 2014 р. сягнуло 58,7 млрд м³, середній темп зростання склав 11,2% на рік. Майже половина біогазу виробляється в Європі.

В ЄС частка відновлюваних джерел енергії в загальному кінцевому споживанні енергії досягла 16,4% в 2015 році⁶. У секторі опалення та охолодження споживання енергії з ВДЕ склало 94 млн т н.е. При цьому більша частина споживання (86%) була забезпечена за рахунок біомаси (72 млн т н.е. – тверда біомаса, 3,2 млн т н.е. – біогаз). Біомаса також

забезпечила основну частину енергоспоживання ВДЕ у секторі транспорту. Із загальних 15 млн т н.е. палива з ВДЕ, спожитого транспортними засобами, 72% (10,9 млн т н.е.) припадають на біодизель і 17% – на біоетанол. У секторі електроенергетики роль біомаси скромніша. Тут біомаса забезпечила близько 17% загального виробництва електроенергії з ВДЕ, причому найшвидшими темпами зростало виробництво електроенергії з біогазу. В цілому частка біомаси в загальній структурі споживання енергії склала 57% від усіх відновлюваних джерел енергії.

Аналіз прогнозного кінцевого споживання енергії з відновлюваних джерел в 26 країнах світу до 2030 р. показує, що біомаса продовжить відігравати домінуючу роль (рис. 5). При цьому очікується, що майже половина світового споживання енергії з ВДЕ в 2030 р. буде припадати на 6 країн: Бразилію, Канаду, Китай, Індію, Індонезію та США.



а) Всього ВДЕ в 2010 р.: 955 млн т н.е. б) Всього ВДЕ в 2030 р.: 1408 млн т н.е.
Рисунок 5 – Кінцеве споживання енергії з ВДЕ у світі в 2010 р. (а) та прогноз на 2030 р. (б)⁷

ПОТЕНЦІАЛ ТА ПОТОЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ В УКРАЇНІ

Україна належить до країн із високим біоенергетичним потенціалом. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні визначені Національним планом дій з відновлюваної енергетики (НПДВЕ) на період до 2020р., затвердженим Кабінетом Міністрів України 1 жовтня 2014р⁸. Згідно з планом до 2020р. біоенергетика повинна вийти на рівень заміщення природного газу обсягом 8,3 млрд м³ на рік⁹.

За оцінкою Біоенергетичної асоціації України, станом на 2015 р. потенціал енергії з біомаси складав 20,2 млн т н.е. (табл. 3). Основними складовими

цього потенціалу є побічні продукти рослинництва (загалом 7,6 млн т н.е. або 37,6% від загального потенціалу біомаси) та енергетичні культури (загалом 7,9 млн т н.е. або 39,0% від загального потенціалу). Побічні продукти рослинництва включають солому зернових і ріпаку, стебла кукурудзи, соняшнику і т.п. Енергетичні культури включають у себе вербу, тополя та міскантус для твердого біопалива і кукурудзу для біогазу.

ТАБЛИЦЯ 3 - ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БІОМАСИ В УКРАЇНІ (2015 та 2050 рр.)

ВИД БІОМАСИ	Теоретичний потенціал, млн т		Частка, доступна для енергетики, %		Потенціал, доступний для енергетики, млн т н.е.	
	2015	2050	2015	2050	2015	2050
Солома зернових культур	35,14	52,7	30	30	3,65	5,48
Солома ріпаку	3,1	4,7	40	40	0,43	0,65
ПП виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	30,3	45,5	40	40	2,32	3,48
ПП виробництва соняшнику (стебла, корзинки)	21,2	21,2	40	40	1,22	1,22
Вторинні відходи с/г (лушпиння соняшнику)	1,90	1,90	74	74	0,50	0,50
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	6,0	9,0	94	94	1,39	2,08
Деревна біомаса (сухостій, деревина з лісосмуг, обрізки)	8,8	8,8	41	41	1,03	1,03
Біодизель (з ріпаку)	-	-	-	-	0,19	0,19
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	-	-	-	0,54	0,54
Біогаз із відходів та побічної продукції АПК	1,6*	11,2*	50	100	0,68	2,38
Біогаз із органічної частини твердих побутових відходів (ТПВ)	0,6*	5,8*	34	100	0,18	0,60
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	1,0*	9,0*	23	100	0,19	0,39
Енергетичні культури:						
- верба, тополя, міскантус (1,5 млн га у 2015 р., 3 млн га у 2050 р.)	17,25	51,8	90	90	6,58	19,74
- кукурудза на біогаз (0,5 млн га у 2015 р., 1 млн га у 2050 р.)	1,67*	6,68*	90	90	1,29	5,15
ВСЬОГО	-	-	-	-	20,19	43,42

Примітка: *- млрд м³ CH₄

7 Remap. A Renewable Energy Roadmap. IRENA. 2014. http://irena.org/remap/IRENA_REmap_Report_June_2014.pdf
8 Розпорядження КМУ від 01.10.2014 р. № 902-р "Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року" <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>
9 Енергетична галузь України: підсумки 2015 року / Центр Разумкова, 2016. http://razumkov.org.ua/uploads/article/2017_ENERGY-FINAL.pdf

Під час оцінки потенціалу використання побічної продукції сільського господарства для потреб енергетики вкрай важливим є врахування агротехнічних та екологічних чинників. Так, при оцінці потенціалу відчуження пожнивних решток (напр., соломи зернових і технічних культур), компромісна з аграрної точки зору частка біомаси, яку можна забирати з поля (з поверненням зольного залишку від спалювання), залежно від культури складає 30-40%. Такі частки відчуження не суперечать технологіям ведення традиційного рослинництва в Україні та добре корелюються з аналогічними даними для ряду розвинених країн світу (табл. 4).

ТАБЛИЦЯ 4 – ЧАСТКА АГРАРНОЇ БІОМАСИ, ЩО МОЖЕ ВИКОРИСТОВУВАТИСЯ ДЛЯ ПОТРЕБ ЕНЕРГЕТИКИ¹⁰

Вид біомаси, країна	Частка теоретичного потенціалу для потреб енергетики
Солома:	
ЄС	25-50%
Данія, Німеччина	30%
Швеція	60%
Естонія	15-65%
Італія	40-60%
США	30-50%
Україна	30% (зернові)*; 40% (ріпак)*; 20-50%**
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (КЗ) та соняшнику:	
ЄС	30-50%
Швеція (КЗ), Греція	60%
Італія (КЗ)	40-60%
США (КЗ)	30-40%; при No-Till 70-80%
Україна	40%*

* - позиція Біоенергетичної асоціації України;

** - рекомендації інших українських фахівців.

Слід зазначити, що біомаса сільськогосподарського походження складає фактичну частину потенціалу, а енергетичні культури є перспективною частиною, яка може бути отримана шляхом вирощування енергетичних культур на 2 млн га вільних сільськогосподарських земель. Згідно зі статистичними даними, в Україні щороку не використовується 3-4 млн га сільськогосподарських угідь. Цю землю частково можна використовувати для вирощування енергетичних культур. Запропонований базовий сценарій полягає у використанні 1,5 млн га під енергетичну вербу, тополь та міскантус, а також 0,5 млн га під кукурудзу для виробництва біогазу.

Прогноз біоенергетичного потенціалу до 2050 р. показує, що він може збільшитися майже у 2,2 рази порівняно з теперішнім рівнем і досягти 43,4 млн т н.е. Загальна структура потенціалу залишиться незмінною, але очікується, що внесок енергетичних культур складе 56% загального

10 Аналітична записка БАУ № 7 <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ua.pdf>



потенціалу (24,5 млн т н.е.), а частка побічних продуктів рослинництва зменшиться до 25% (10,8 млн т н.е.). Прогноз ґрунтується на припущеннях про зростання обсягів валового виробництва основної продукції агропромислового комплексу в 1,5-2 рази, збільшення врожайності зернових культур та ріпаку в 1,5 рази, збільшення площ землі під вирощування енергетичних культур у 2 рази та їх врожайності в 1,5-2 рази.

Втім, на сьогоднішній день використання енергії з біомаси все ще досить обмежене. Так, за даними Державної служби статистики України, в 2015 р. загальне постачання первинної енергії (ЗППЕ) з біомаси (біомаса, паливо та відходи) складало лише 2,2% (2 млн т н.е., що складає близько 10% від потенціалу 2015 року), а сумарна частка всіх ВДЕ становила 4% (3,6 млн т н.е.) (рис. 6).

Переважне споживання біомаси припадає на виробництво теплової енергії прямим спалюванням, а домінуючим джерелом біомаси є деревина (дрова та побічні продукти деревообробки). Разом з тим, в Україні останнім часом розвивається ринок пелет. В 2015 р. загальне виробництво пелет в Україні склало 1 324 465 т на 494 підприємствах (табл. 5). В структурі ринку пелет близько 84% обсягу припадає на пелети, виготовлені з деревини та лушпиння соняшнику (рис. 7). Загальне виробництво пелет з деревини склало до 390 000 т, лушпиння – 723 650 т, соломи – 146 000 т, торфу – 8 400 т. Подальші перспективи зростання ринку можуть бути пов'язані, зокрема, з розширенням частки пелет з агробіомаси.

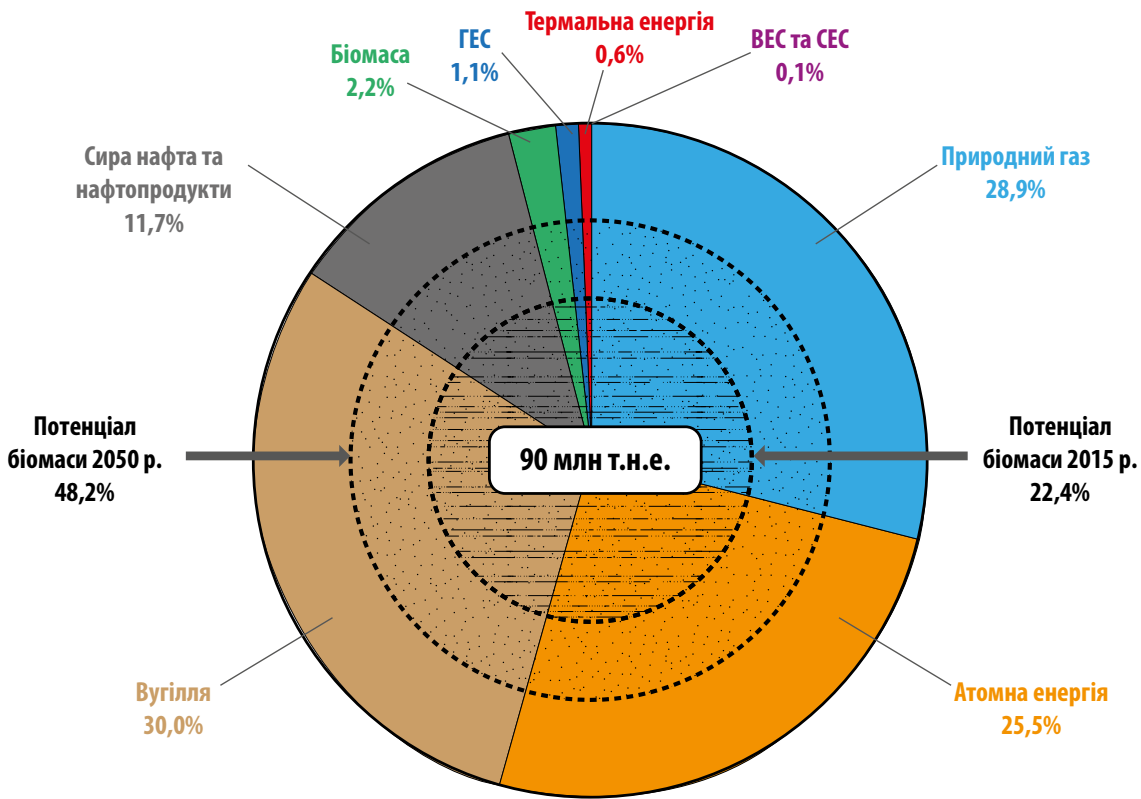


Рисунок 6 – Структура ЗППЕ в Україні в 2015 р.

ТАБЛИЦЯ 5 – СТРУКТУРА ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ В УКРАЇНІ У 2015 р.¹¹

Типи сировини (в тому числі комбіновані)	Кількість виробників, од.	Виробництво, т
Деревина	254	359 030
Лушпиння	110	632 800
Солома	24	82 700
Торф	4	8 400
Деревина, солома, лушпиння	19	41 700
Деревина, солома	11	18 000
Деревина, лушпиння	29	50 000
Солома, лушпиння	11	80 000
Інші	32	51 835
ВСЬОГО	494	1 324 465

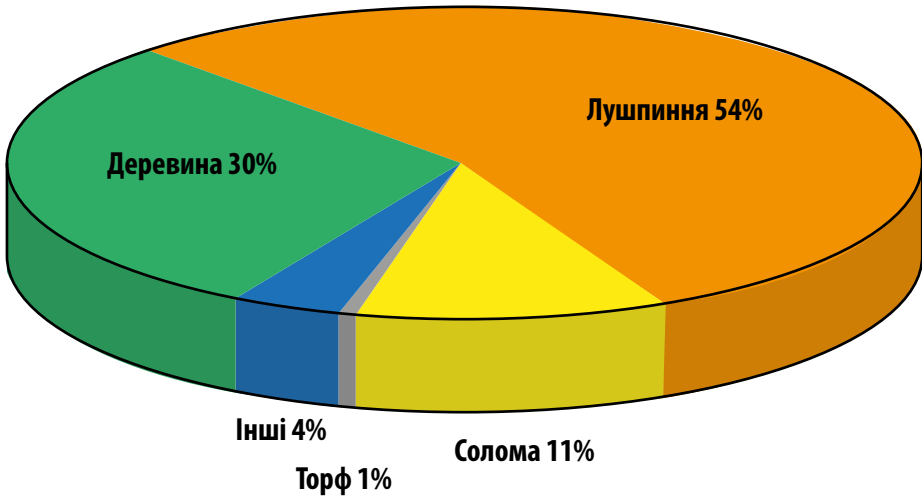


Рисунок 7 – Структура виробництва пелет у 2015 р.

Використання 100% енергетичного потенціалу лише біомаси вистачило б, щоб забезпечити від 22,4% (потенціал 2015 р.) до 48,2% (потенціал 2050р.) поточного рівня ЗППЕ в Україні.

Функціонування енергетичного сектору України наразі суттєво залежить від імпорту викопних видів палив – природного газу (імпортовано 33,4% від загального обсягу використання 33,2 млрд м³ в 2016 р.)¹², нафти (імпортовано 18,5% від загального обсягу добування/імпорту нафти 2,7 млн т в 2016 р.)¹² і, останнім часом, кам'яного вугілля (імпортовано 26,5% від загального обсягу споживання вугілля антрацитової групи 33,4 тис. т у 2015 р.)¹³. Загальний

11 Комплексний аналіз українського ринку пелет з біомаси http://uabio.org/img/files/docs/kompleksnij_analiz_ukrayinskogo_rinku_pelet_z_biomasi.pdf
12 Річний звіт НАК "Нафтогаз України" за 2016 рік <http://annualreport2016.naftogaz.com/>
13 Енергетичний баланс України за 2015 р. (Держстат України) http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/energ.htm

показник імпортозалежності України у 2015 р. складав, з урахуванням постачання ядерного палива, 51,6%, що становить ризик для енергетичної безпеки¹⁴.

Згідно з оновленою Енергетичною стратегією України до 2035 року¹⁴, прогнозується, що частка імпортованих компонентів в енергобалансі країни може бути суттєво знижена за рахунок розвитку відновлюваних джерел енергії, власного видобутку природного газу, а також завдяки енергозбереженню та підвищенню енергоефективності. Відповідно до прогнозу, ЗППЕ з вугілля в 2035 році складе 12 млн т н.е., з природного газу – 29 млн т н.е. та з нафтопродуктів – 7 млн т н.е. (всього 48 млн т н.е.) (табл. 6), що приблизно співпадає з прогнозованим загальним економічним потенціалом постачання енергії з біомаси (43,4 млн т н.е. в 2050 р.). У 2035 році прогнозована частка енергії з біомаси, біопалив та відходів у структурі ЗППЕ складе 11,5% (11 млн т н.е.).

ТАБЛИЦЯ 6 – СТРУКТУРА ЗАГАЛЬНОГО ПОСТАЧАННЯ ПЕРВИННОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ В 2015 р. ТА ПРОГНОЗ ДО 2035 р.¹⁴, млн т н.е.

Назва джерел	2015 (факт)	2020 (прогноз)	2025 (прогноз)	2030 (прогноз)	2035 (прогноз)
Вугілля	27,3	18	14	13	12
Природний газ	26,1	24,3	27	28	29
Нафтопродукти	10,5	9,5	8	7,5	7
Атомна енергія	23	24	28	27	24
Біомаса, біопаливо та відходи	2,1	4	6	8	11
Сонячна та вітрова енергія	0,1	1	2	5	10
ГЕС	0,5	1	1	1	1
Термальна енергія	0,5	0,5	1	1,5	2
ВСЬОГО, млн т н.е.	90,1	82,3	87	91	96

Згідно прогнозу Біоенергетичної асоціації України 90% енергії біомаси та відходів до 2035 р. буде забезпечувати тверда біомаса. На рис. 8 представлено результати оцінки розподілу твердих біопалив для виробництва теплової енергії в Україні за видами, з прогнозом до 2035 р. З наведених результатів видно, що для досягнення поставлених цілей найближчими роками потрібне широке залучення побічних продуктів сільського господарства (соломи, стебел кукурудзи/соняшника) та енергетичних культур до паливно-енергетичного балансу країни.

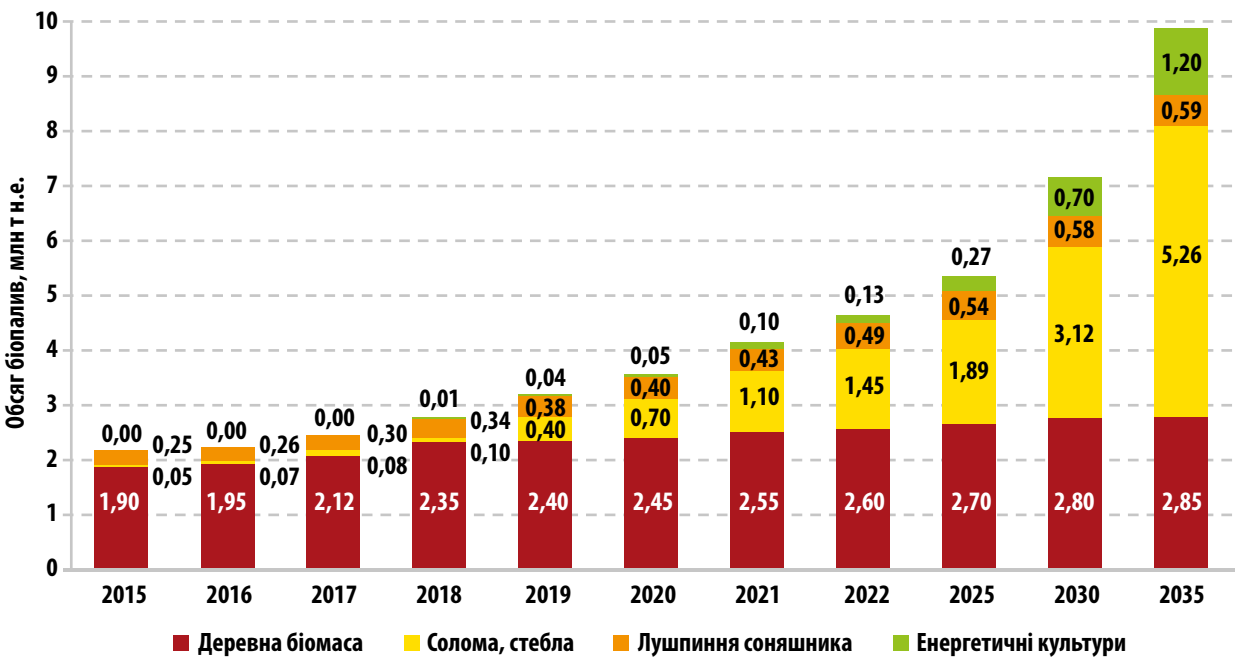


Рисунок 8 – Структура біопалив для виробництва теплової енергії в Україні¹⁵

ЗАГОТІВЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ БІОМАСИ ТА ЇЇ ПЕРЕРОБКА У ТВЕРДІ БІОПАЛИВА

Загальна інформація про заготівлю сільськогосподарської біомаси

Життєвий цикл біопалив із сільськогосподарської біомаси починається у полі, а тому для сталого функціонування біоенергетичних проектів важливо залучати агровиробників, яких потрібно заохочувати до вирощування та створення умов для заготівлі та постачання заданих обсягів енергетичної сировини. Звичайно на базі агровиробника можливо реалізувати повний цикл переробки біомаси та її постачання на котельню. Але для цього вони повинні задіяти додаткові трудові та матеріальні ресурси, з якими виникають труднощі, враховуючи напружений графік проведення польових робіт, обмежені агростроки виконання технологічних операцій та погодні ризики. До того ж, для аграріїв головною ціллю є отримання максимального врожаю основної товарної продукції – зерна, тоді як солома, стебла, качани, лушпиння є побічною продукцією сільськогосподарського виробництва.

Обсяги побічної продукції суттєво залежать від сортових особливостей сільськогосподарських культур та агротехнології. У загальному випадку їх можна охарактеризувати за допомогою коефіцієнта виходу сільськогосподарської біомаси, що представляє собою співвідношення у вирощеній біомасі побічної та основної продукції. Значення цього коефіцієнта для деяких сільськогосподарських культур наведено в табл. 7.

¹⁴ Енергетична стратегія України до 2035 року <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>

¹⁵ За оцінками БАУ

ТАБЛИЦЯ 7– ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВИХОДУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ БІОМАСИ

Сільськогосподарська культура	Коефіцієнт виходу соломи по відношенню до зерна
Пшениця	1,0
Жито	1,3
Ячмінь	0,8
Овес	1,0
Просо	0,8
Кукурудза	1,3
Соя	0,9
Соняшник	1,9
Ріпак	2,0
Рис	0,9
Продукція	Коефіцієнт виходу лушпиння по відношенню до насіння
Соняшникове насіння	0,15

Побічні продукти рослинництва мають свою ціну, яка може коливатися у широких межах в залежності від попиту та пропозиції окремих агровиробників у регіоні. Виділяють три основних варіанти визначення ціни побічної продукції рослинництва у полі:

1. Побічні продукти рослинництва заважають агровиробникам у полі, і тому вони віддають їх за умовну оплату, наприклад, 50 грн/т.
2. Побічні продукти рослинництва забираються з полів у рахунок оплати за послуги із проведення механізованих робіт.
3. Ціна побічної продукції рослинництва визначається за вартістю еквівалентних доз мінеральних добрив для заміни поживних елементів у біомасі (табл. 8). При цьому обов’язково необхідно враховувати її вологість.

ТАБЛИЦЯ 8 – ВМІСТ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНИ В СОЛОМІ, % СУХОЇ МАСИ¹⁶

Солома	Азот	Фосфор	Калій	Кальцій	Магній	Співвідношення C:N
Пшенична	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07	80-90
Житня	0,34	0,07	0,52	0,33	0,05	100-110
Ячмінна	0,50	0,18	0,94	0,28	0,05	70-80
Вівсяна	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07	80-90
Кукурудзяна	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14	60-80
Ріпакова	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16	60-70
Зернобобових культур	1,29	0,16	1,07	0,91	0,16	20-25

¹⁶ Застосування соломи і поживних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунту (рекомендації) – Харків, 2012. – 35 с.

Золу після спалювання біомаси можна використовувати як добрива. Вартість поживних елементів у золі, отриманій від спалювання 1 т побічної продукції рослинництва, становить понад 100 грн.

За рахунок зменшення кількості обсягів рослинних решток у полі агровиробник скорочує витрати на управління рослинними рештками. Орієнтовні обсяги скорочення витрат:

- подрібнення та розподіл решток комбайном – 90 грн/га;
- внесення біологічних препаратів (гумат калію 1 л на 1 т рослинних решток) – 42 грн/т соломи;
- внесення додаткових азотних добрив (10 кг азоту на 1 т рослинних решток) – 220 грн/т соломи;
- загортання соломи (додаткове луцення) – 63 грн/га.

Особливі складності виникають із заготівлею біомаси, яка є побічною продукцією розосередженого сільськогосподарського виробництва (наприклад, солома в полі) з огляду на сезонність утворення, малу тривалість збирання, невелику врожайність з одиниці площі (в українських реаліях зазвичай від 2 до 5 т/га) та залежність від технологічних операцій з вирощування сільськогосподарських культур. Ґрунт із необробленою стернею швидко втрачає вологу, також розростаються бур’яни. Тому соломі з полів необхідно забирати одночасно зі збиранням врожаю. Строки заготівлі та вивезення соломи з полів потрібно узгоджувати із агровиробниками та суворо їх виконувати.

Нині переважно застосовуються технології з укладанням незернової частини врожаю у валок (валкова) та з розкиданням полови і подрібненої соломи на поверхні поля. В окремих господарствах, які мають у своєму парку старі моделі комбайнів, застосовується потокова технологія зі збором подрібненої соломи в змінні причепа. Але можливості її застосування обмежуються термінами збирання, погодними умовами, трудомісткістю навантаження на транспортний засіб, високою вартістю пального та недостатньою забезпеченістю господарств зернозбиральними комбайнами, тракторами і причепами для транспортування незернової частини врожаю до місць зберігання¹⁷.

Досвід аграріїв свідчить, що для забезпечення заготівлі заданих обсягів та необхідної якості сільськогосподарської біомаси потрібно використовувати спеціальні заготівельні механізовані ланки, укомплектовані технікою та кваліфікованим персоналом. Схема організації виробничого процесу заготівлі тюкованої соломи зображена на рис. 9.

¹⁷ Посібник. Машини для збирання зернових та технічних культур /За ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника, - Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. - 2009. - 296 с.



Рисунок 9 – Схема організації виробничого процесу по заготівлі тюкованої соломи

З метою збирання якомога більших обсягів соломи, необхідно укласти у валок стебла максимальної довжини, а для цього при збиранні зрізають рослини на мінімальній висоті. Висота зрізу стебла жаткою залежить від густоти рослин і висоти зернових культур, стану ярусності, рельєфу поля та цілей використання соломи. На високорослих та щільних, з великою кількістю стебел посівах висоту зрізу підвищують до 27 см, на рідких та низькорослих – знижують до 15 см¹⁸.

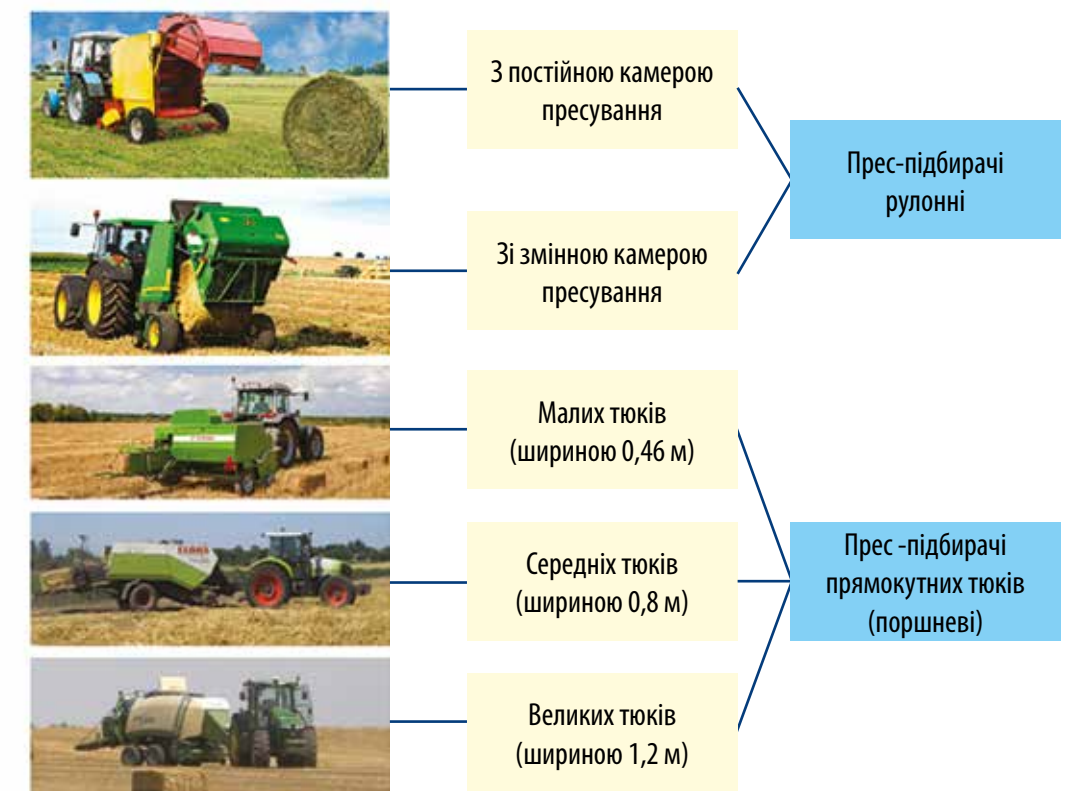
Заготовляти потрібно суху соломку вологістю до 20%, тому що більш волога біомаса починає гнити. Валок повинен лежати на стерні без просідання, з метою його продування вітром, що забезпечить більш швидке висушування соломи після опадів. У спекотну погоду можна зменшити висоту стерні.

Процес збирання врожаю ускладнюється забур'яненістю полів, тому що бур'яни під час збирання зерна мають вологість близько 70%, тоді як стебла зернових сухі. Бур'яни у соломі, особливо у добре спресованій, викликають її гниття.

Під час збирання врожаю рослини, проходячи через системи комбайна, піддаються механічному руйнуванню, внаслідок чого солома, залежно від типу та настройки молотильно-сепаруючого пристрою, може подрібнюватися сильніше і утвориться більше половини, яка сильно розноситься вітром та погано підбирається прес-підбирачами. Це потрібно враховувати при виборі та налагодженні режиму роботи зернозбирального комбайна. При заготівлі соломи для енергетичних потреб комбайн виконує наступні функції: зрізає, подрібнює та перерозподіляє біомасу зі смуги шириною жатки у валок шириною до 2 м.

Для формування тюків із соломи та їх обв'язування використовують прес-підбирачі, що дозволяють отримати щільні та заданої форми й потрібних розмірів прямокутні тюки або циліндричні рулони. Розрізняють наступні

види прес-підбирачів (рис. 10): поршневі – для формування малих, середніх і великих прямокутних тюків та рулонні – з постійною і змінною камерою пресування.

Рисунок 10 – Класифікація прес-підбирачів¹⁹

Враховуючи меншу щільність соломи у рулонах та малих тюках, меншу продуктивність пресування, складності у логістиці та зберіганні тюків внаслідок гіршого використання об'єму транспорту й складів, на потужних біоенергетичних об'єктах їх використання обмежене. З тих же причин для енергетичного використання мало застосовуються прес-підбирачі середніх тюків. Можливості технології заготівлі сіна та соломи із застосуванням прес-підбирачів великогабаритних тюків за останні роки значно розширились. Ці машини мають незаперечні переваги перед іншими конструкціями машин, зокрема:

- високу продуктивність і, відповідно, менші затрати праці;
- високу щільність пресування;
- збереження високої якості сировини;
- краще використання вантажопідйомності транспортних засобів, місткості складських приміщень, підвищення продуктивності навантажувачів²⁰.

Тюки повинні мати довжину, яка дозволить їх перевезення як в основному, так і в резервному транспорті. Також необхідно витримати дозволена висоту транспортного засобу 4,0 м. У разі погодження маршруту, відповідно до

18 Науково-практичні рекомендації. Збирання врожаю зернових колосових та зернобобових культур в зоні степу за умов гідротермічних стресів 2014 року / Дніпропетровськ: ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2014. – 40 с.

19 Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. Практичний посібник / Під загальною редакцією Тормосова Р.Ю. К.: ТОВ "Поліграф плюс", 2015. 208 с. http://www.mdi.org.ua/images/Files/Library/LAESM-Manual_BioEnergy_Projects_Nov2015.pdf

20 Сучасні тенденції розвитку конструкції сільськогосподарської техніки / За ред. В.І.Кравчука, М.І.Грицишина, С.М.Ковалю. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396 с.

законодавства України, можна без дозволу перевозити вантажі заввишки від поверхні дороги до 4,35 метра включно.

Для завантаження середніх та великих тюків і рулонів використовують: трактор з фронтальним навантажувачем, телескопічний, вилковий або фронтальний навантажувачі. Вантажні операції з малими тюками виконують здебільшого вручну.

Найбільш широке застосування для завантаження/розвантаження тюків отримали телескопічні навантажувачі (рис. 11), які можуть піднімати декілька тюків (вантажопідйомність від 2,5 т) на висоту понад 6 м. Вони також характеризуються високою маневреністю, легкістю у керуванні, швидкістю пересування 40 км/год, а деякі моделі мають задню начіпку, що дозволяє використовувати їх для транспортування причепів. Крім цього, для швидкого збору та вивезення тюків і рулонів з полів можуть застосовуватися спеціальні самозавантажувальні причепи, що не потребує використання навантажувачів.



Рисунок 11 – Завантаження тюків телескопічним навантажувачем у полі

Для перевезення тюкованої соломи широко використовуються вантажні автомобілі або трактори з причепами. Перевезення на далекі відстані доцільно проводити вантажними автомобілями із довгомірними напівпричепами, але при цьому потрібно враховувати їх технічні характеристики для пересування по полю. Для надійного закріплення тюків на транспортній платформі слід використовувати спеціальні стяжні ремені з крюками та храповим механізмом для натягування стрічки. Ширину стрічки підбирають за максимальним допустимим робочим навантаженням та номінальною силою натягу.

Солома та інша сільськогосподарська біомаса, призначена для спалювання, повинна зберігатися в умовах, що забезпечують її захист від замокання, гниття та займання. Найкраще зберігати тюкову солому у закритих приміщеннях (рис. 12а) або під навісами (рис. 12б). Зберігання у закритих приміщеннях дозволяє підтримувати вологість соломи на одному рівні та 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 біопаливо. Важливо забезпечити вільний доступ до соломи, для того щоби спростити процедуру зберігання та її завантаження і розвантаження. Крім того, у приміщенні має бути достатньо вільного місця для маневрів навантажувача.



а) у приміщенні



б) під навісом

Рисунок 12 – Зберігання тюкованої соломи

Солому також можна зберігати на відкритому повітрі (рис. 13). Зберігання на відкритому повітрі є значно дешевшим, але у більшості випадків цей спосіб підходить лише для короточасного зберігання. При зберіганні тюків без накриття існує ризик підвищення вологості соломи (особливо її верхнього шару) до рівня, що перевищує допустимий для спалювання в енергетичних установках – 20%.



а) у тюках



б) у рулонах

Рисунок 13 – Зберігання соломи на відкритому повітрі

Також соломі можна зберігати під плівковим покриттям (рис. 14а), але це не рекомендується за умов вітряного клімату. Як альтернатива, соломі можна загорнути у плівку, що розтягується і є вітростійкою (рис. 14б). Укривати

потрібно суху соломку вологістю до 20%, тому що при накритті плівкою більш волога біомаса при обмеженому доступі кисню починає розкладатися.



а) накриття плівкою



б) загортання у плівку

Рисунок 14 – Використання плівки для захисту тюків соломи

Для вторинної сільськогосподарської біомаси ущільнення не проводять, а лише за необхідності здійснюють її транспортування на переробні підприємства. Для цього використовують наявні навантажувачі, вантажні автомобілі або трактори з причепами. Стосовно зберігання вторинної сільськогосподарської біомаси, яка буде перероблятися у тверді біопалива, використовують підходи, аналогічні до зберігання соломи.

Особливості заготівлі побічної продукції кукурудзи на зерно

За паливними характеристиками, зокрема, за плавкістю золи, побічні продукти кукурудзи на зерно наближаються до деревної біомаси (для порівняння: у деревини температура плавлення золи складає близько 1200 °C, а у стебел кукурудзи 1050-1200 °C), що забезпечує кращі умови для спалювання порівняно із соломою зернових колосових культур. Використання кукурудзиння для отримання енергії в Україні запроваджене давно, але в досить обмежених масштабах, переважно у виробництві теплової енергії для потреб домогосподарств. Це пов'язано в першу чергу з тим, що збирання кукурудзи на зерно починається восени, коли часто ідуть опади, створюючи складності для заготівлі біомаси. Одразу після збирання вологість стебел кукурудзи знаходиться в межах 45-60%. Але належна технологія, що створює умови для продування біомаси вітром, дозволяє у полі досягти вологості менше 30%.

Нині основним способом збирання врожаю кукурудзи на зерно є комбайновий обмолот качанів у полі, подрібнення і розкидання зрізаної маси при використанні зернозбиральних комбайнів з кукурудзяними жатками. Типовим є наступне співвідношення маси основних частин кукурудзи: стебло

35-40%, листя 7-8%, зерно 40-45%, стрижень 5-6% та обгортка качана 4-6%²¹.

Заготівлю побічної продукції кукурудзи також можна проводити тюкуванням прес-підбирачами, застосовуючи схему, наведену на рис. 9, але для укладання кукурудзиння у валок потрібно використовувати спеціальні жатки, мульчувачі із валкоутворювачами або граблі.

Жатка Geringhoff Mais Star Collect (рис. 15) може подрібнювати і розкидати стебла і листя кукурудзи або укладати їх у валок. Зверху на цей валок можуть поступати також подрібнені стрижні та обгортки качанів після молотарки комбайна. Компанія New Holland випускає пристосування для формування валків Cornrower, що може бути приєднане до жаток для збирання кукурудзи.



а) Geringhoff Mais Star Collect



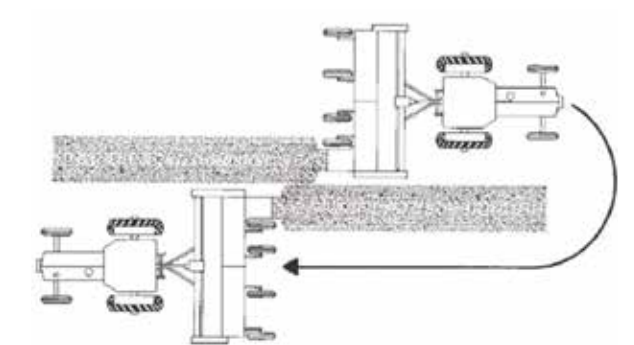
б) New Holland's Cornrower

Рисунок 15 – Жатки для збирання кукурудзи з валкоутворювачами

Американська компанія Hiniker випускає мульчувачі з валкоутворювачами серії 5600 шириною 15, 20 та 30 футів (відповідно 4,6; 6,1 та 9,1 м). Для забезпечення високої лінійної маси валка і зменшення кількості проходів техніки Hiniker 5610 та 5620 з'єднують два проходи в один валок (рис. 16). Для агрегаткування мульчувача шириною 30 футів (9,1 м) потрібен трактор із потужністю двигуна 200 к.с.



а) загальний вигляд



б) використання

Рисунок 16 – Мульчувач Hiniker 5620 з формуванням валків

Для зменшення кількості проходів техніки по полю в останні роки впроваджується нова система збирання біомаси – однопрохідна. У ній комбайн агрегатується із прес-підбирачем (рис. 17).

21 Аналітична записка БАУ №16 <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-16-ua.pdf>



а) Hillco для тюкування у рулони



б) AGCO Challenger для формування прямокутних тюків

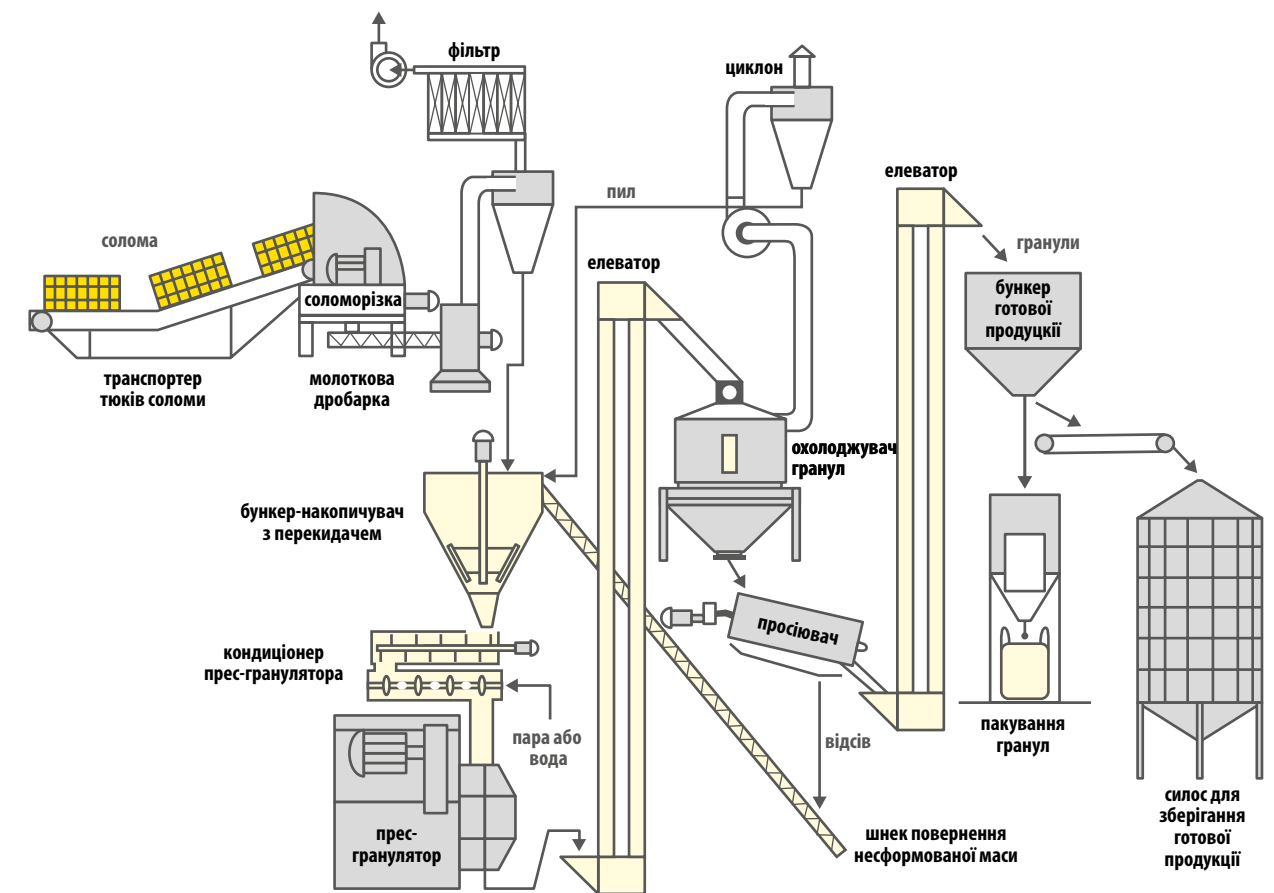
Рисунок 17 – Однопрохідні системи збирання біомаси

Незважаючи на численні переваги, однопрохідна система має суттєве обмеження – вологість біомаси, при якій прес-підбирач може виконувати операцію тюкування. Зважаючи на меншу вологість зерна порівняно з іншими частинами рослини, кукурудзиння може бути непридатним для тюкування, тоді як біомаса у валках при сприятливій погоді може підсушитися, що також покращить її паливні характеристики.

Слід зазначити, що зі збільшенням контакту із ґрунтом підвищується зольність біомаси, і тим самим погіршуються її паливні характеристики. Крім прес-підбирачів для збирання біомаси із валків застосовують кормозбиральні комбайни, що підбирають, подрібнюють та завантажують її у причеви.

Гранулювання

Для збільшення ефективності логістичних операцій та розширення можливості енергетичного використання сільськогосподарську біомасу гранулюють для отримання пелет. При переробці пожнивних решток, лушпиння соняшнику, очерету і т.п. можна використовувати типову схему, розроблену для виробництва пелет із соломи (рис. 18).

Рисунок 18 – Апаратно-технологічна схема виробництва гранул із тюкованої соломи¹¹

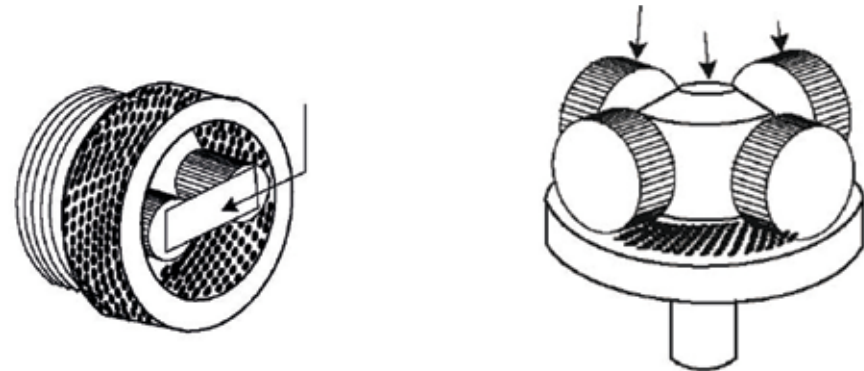
Залежно від розміру вхідної сировини, використовують різні подрібнювачі. Крім цього, у разі використання сировини з вологістю, більшою за граничну, яку висуває виробник прес-грануляторів виробничої лінії, з'являється потреба у застосуванні сушарки.

Солома, що поступає на виробництво у вигляді тюків, подрібнюється в дві, а інколи і в три стадії. На першій стадії тюк розділяється на окремі частини і солома подрібнюється до фракції довжиною приблизно 5-25 мм за допомогою соломорізки-подрібнювача тюків. На наступних стадіях солома подрібнюється до фракції не більше 1-2 мм, для чого переважно використовуються молоткові дробарки.

Основною виробничою стадією є гранулювання подрібненої сировини. Цей процес реалізується у пресах-грануляторах, які за конструкцією бувають із плоскими або кільцевими матрицями (рис. 19). Процес утворення пелети полягає у спресовуванні подрібненої біомаси, що попадає в канал пресування, в результаті взаємодії ролика та шару матеріалу між роликом і матрицею. Процес тертя викликає додаткове розігрівання матеріалу та активізацію лігніну, який є природною зв'язуючою речовиною і міститься у складі біомаси, що зрештою приводить до утворення щільної однорідної пелети циліндричної форми. Загалом вважається, що аграрна біомаса містить менше лігніну, ніж деревина (14-17% порівняно з 25-30%), тому гірше гранулюється. Іноді у виробництві пелет виникає необхідність у застосуванні спеціальних

зв'язуючих речовин.

Для забезпечення механічної міцності пелети вологість сировини повинна знаходитись у заданому діапазоні. Так, оптимальне значення вологості соломки при гранулюванні не повинне перевищувати 14%. При збільшенні вологості знижується продуктивність виробничої лінії та зростають питомі витрати електроенергії на виробництво пелет.



а) циліндрична матриця

б) плоска матриця

Рисунок 19 – Конструкції матриць грануляторів

Пелети, отримані в пресі-грануляторі, мають високу температуру (іноді до 130°C) та м'яку консистенцію, тому далі вони за допомогою елеватора подаються в охолоджувач, де охолоджуються протитечієм потоком повітря, що проходить через їх шар, до температури 20-25°C.

Після охолодження пелети подаються на просіювач, де відділяються дрібні частки та некондиційні пелети. Відсіяні частки шнеком повертаються в бункер перед гранулятором.

Далі пелети елеватором подаються в бункер готової продукції, звідки поступають на пакування в бункер перед дозатором, або в силос для безтарного зберігання. Можливе пакування пелет у біг-беги (по 1 т) або в мішки меншої ваги. Можливе також відвантаження пелет насипом у машини.

Брикетування

Паливні брикети в Україні виробляються у менших обсягах, ніж пелети, у тому числі з огляду на складності з організацією їх автоматичної подачі. При цьому в якості сировини в основному використовують деревину, лушпиння, соломку та очерет. Паливні брикети характеризуються різноманітністю форм. Зв'язуючою речовиною виступає лігнін, що міститься у вхідній сировині. Загалом виділяють три типи паливних брикетів: NESTRO, RUF та Pini&Kay.

RUF – пресовані куби-цеглини (рис. 20а), які виробляють на гідравлічних пресах за рахунок високого тиску.

NESTRO (NIELSEN) – довгі циліндричної форми або многокутного перерізу переважно без внутрішнього отвору (рис. 20б), отримані за рахунок високого тиску. Брикети NESTRO виробляють на гідравлічних пресах, а NIELSEN – на

ударно-механічних пресах.

Pini&Kay – мають циліндричну або багатогранну форму з отвором всередині (рис. 20в). Таке біопаливо виробляють екструдерним способом на шнекових пресах при одночасному нагріві поверхні брикету.

Виробництво брикетів із біомаси простіше та потребує менше первинних інвестицій в обладнання порівняно з пелетами. Його також розміщують локально поблизу джерел, або ж місць концентрації сировини.



а) RUF

б) NESTRO

в) Pini&Kay

Рисунок 20 – Загальний вигляд паливних брикетів

Перед брикетуванням сировину необхідно подрібнювати (рис. 21) та за необхідності сушити до заданої вологості. Виділяють декілька типів прес-брикетувальників: гідравлічні та механічні (штемпельні та шнекові), які можуть використовувати різноманітні види біомаси.

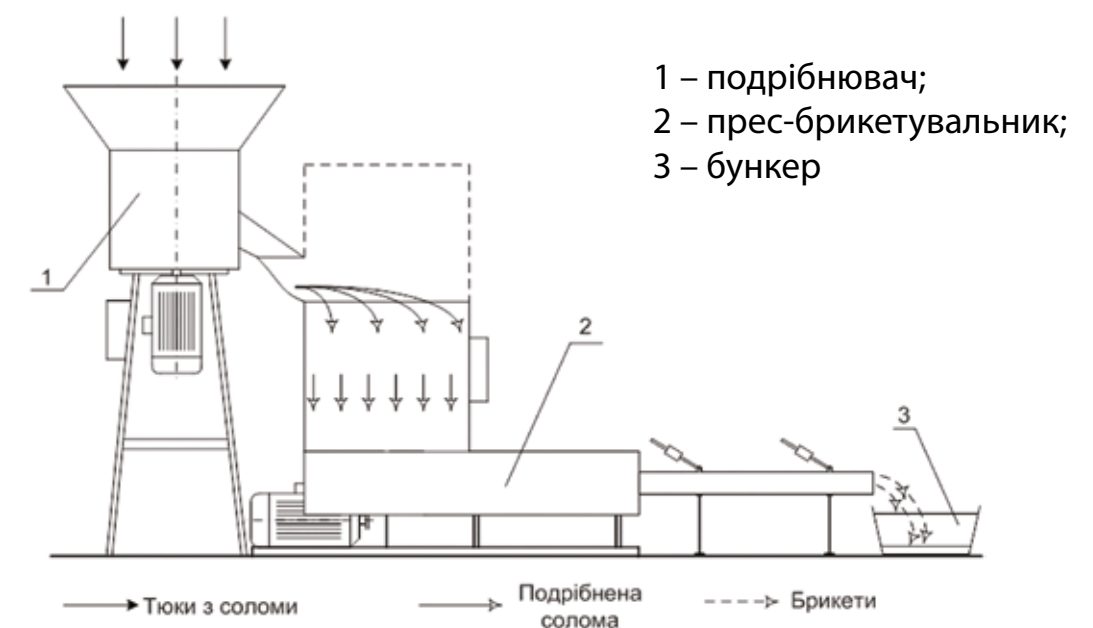


Рисунок 21 – Технологічна схема брикетування соломки

На ринку представлене обладнання широкого діапазону продуктивності, починаючи від 50 кг/год. Вибір конкретної моделі залежить від характеристик сировини, рекомендованої заводом-виробником. Так, шнекові прес-брикетувальники Biomasser можуть працювати із сировиною, яка має вологість від 10 до 30%. Саме таку вологість має солома при належному зберіганні.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ ТА ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ БІОМАСИ

У табл. 9 наведено базовий перелік техніки, необхідної для заготівлі побічних продуктів рослинництва, тюкування, збору і складання тюків на краю поля, яка підібрана для досягнення продуктивності 20-35 т/год. Наступні технічні операції із завантаження тюків, їх перевезення та укладання на тривале зберігання мають таку ж продуктивність при відстані транспортування до 30 км. Всього базовий перелік техніки для заготівлі побічної продукції рослинництва коштує 901 тис. євро. За наявності вантажних автомобілів для перевезення тюків вартість комплексу техніки зменшується до 581 тис. євро.

ТАБЛИЦЯ 9 – БАЗОВИЙ ПЕРЕЛІК ТЕХНІКИ ДЛЯ ЗАГОТІВЛІ В ТЮКАХ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЦІ ТА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Процес	Найменування обладнання	Вартість одиниці, тис. євро	Кількість, од.	Вартість, тис. євро
Заготівля	1. Тюкування*:	308	1	308
	трактор 250 к.с.	135	1	135
	прес-підбирач великих прямокутних тюків	173	1	173
Збір і транспортування	2. Збір і складання тюків на краю поля:	131	1	131
	трактор 110 к.с.	35	1	35
	причіп самозавантажувальний	96	1	96
	3. Вантажні операції: телескопічний навантажувач	71	2	142
	4. Транспортування**: автомобіль-тягач із напівпричепом	80	4	320
Всього				901
Разом за пп. 1-3				581***

* Для формування валків побічної продукції кукурудзи на зерно використовуються жатки MaisStarCollect вартістю 54 тис. євро/од.

** Відстань перевезення з поля на центральний склад до 30 км.

*** Капітальні витрати у техніку для заготівлі побічної продукції рослинництва у тюках за наявності вантажних автомобілів для транспортування біомаси.

З огляду на різні часові проміжки збирання пшениці та кукурудзи на зерно, комплект техніки можна використовувати для заготівлі 6 тис. т соломи пшениці та 6 тис. т побічної продукції кукурудзи на зерно в рік. Агровиробник залишає соломі та кукурудзинні валки, які укріплені у договорі із заготівельною організацією термін повинні бути затюковані та вивезені на центральний склад біоенергетичного об'єкту. Ціна побічної продукції рослинництва визначається за вартістю еквівалентних доз мінеральних добрив для заміни поживних елементів у біомасі: 6,5 євро/т соломи пшениці та 8,8 євро/т кукурудзиння. Результати оцінки техніко-економічних показників проекту із заготівлі 12 тис. т/рік побічної продукції рослинництва наведені у табл. 10. Простий термін окупності проекту становить 4,1 років при собівартості тюків 18 євро/т.

ТАБЛИЦЯ 10 – ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ ЗАГОТІВЛІ ТЮКІВ ПОБІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Показники	Величина	
	солома пшениці	кукурудзиння
Продуктивність по тюкам біомаси	6000 т/рік	6000 т/рік
Вартість сировини	6,5 євро/т*	8,8 євро/т*
Капітальні витрати	581 тис. євро	
Експлуатаційні витрати	173 тис. євро/рік	
Кредитні кошти (частка капітальних витрат)	60%	
Ставка по кредиту	7%	
Собівартість тюків	18 євро/т	
Очікувана продажна ціна тюків біомаси	25 євро/т без ПДВ	
Простий термін окупності	4,1 років	
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)	4,4 років	
Внутрішня норма дохідності (IRR)	24,1%	

* Ціна побічної продукції рослинництва визначається за вартістю еквівалентних доз мінеральних добрив для заміни поживних елементів у біомасі.

** Собівартість тюків включає прямі витрати на заготівлю біомаси, відрахування на амортизацію техніки та виплати процентів по кредиту.

Розмір середніх капітальних витрат для реалізації виробництва гранул із соломи наведено на рис. 22.

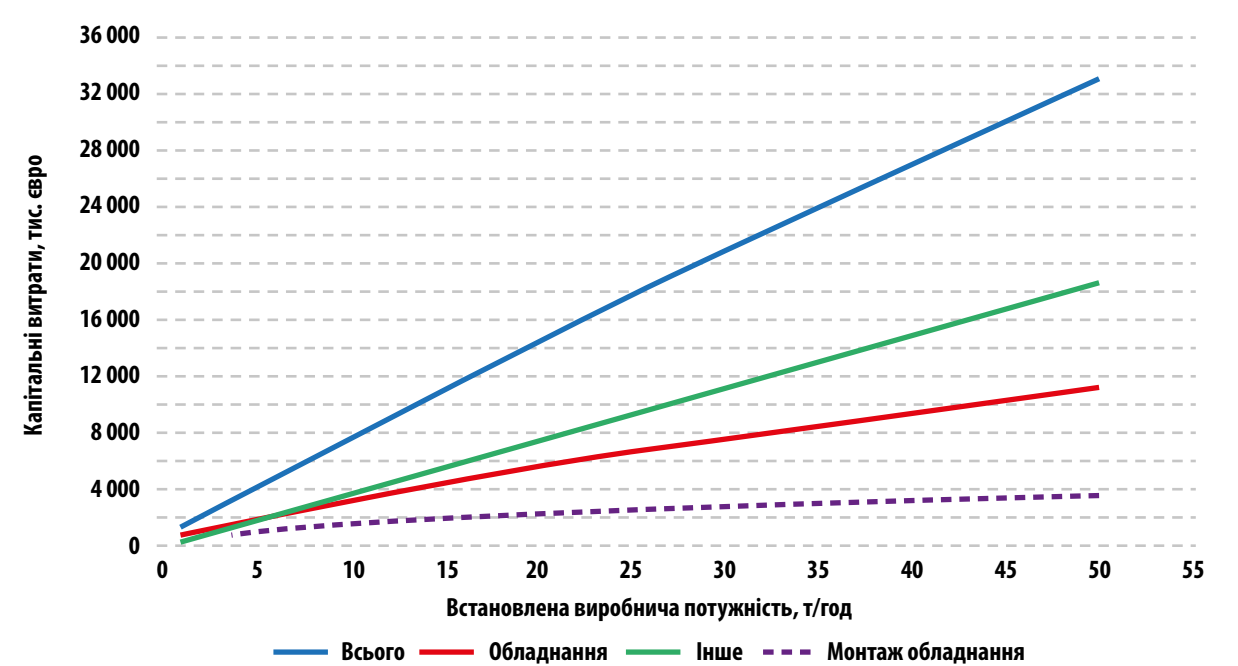


Рисунок 22 – Оцінка середніх капітальних витрат впровадження виробництва гранул із соломи (без техніки для збирання та перевезення)

Детальний огляд особливостей виробництва гранул у вітчизняних реаліях відображено у публікації "Комплексний аналіз українського ринку гранул з біомаси (визначення точок зростання)"¹¹. Відповідно до цього дослідження, мінімальний рівень цін соломи у вигляді гранул, що забезпечує інвестиційну привабливість, складає від 75 євро/т. Питомі витрати електроенергії на виробництво гранул для сухої соломи зернових становлять від 94 кВт·год/т при продуктивності лінії гранулювання 15 т/год та 174 кВт·год/т при продуктивності 1 т/год.

Техніко-економічні показники проектів із виробництва пелет продуктивністю 5 т/год із сільськогосподарської біомаси наведені у табл. 11.

ТАБЛИЦЯ 11 – ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ГРАНУЛ З АГРАРНОЇ СИРОВИНИ НА ВНУТРІШНЬОМУ РИНКУ

Показник	Виробництво гранул із соломи зернових	Виробництво гранул зі стебел кукурудзи	Виробництво гранул із лушпиння соняшнику
Вартість сировини, євро/т без ПДВ	18*	18*	5
Продуктивність лінії гранулювання, т/год	5,0	5,0	5,0
Виробники обладнання	Основне обладнання від провідних світових виробників, допоміжне – українське		Все обладнання західноєвропейське
Тривалість роботи підприємства:	9 міс./рік, 24 год/добу		10 міс./рік, 24 год/добу
Загальні інвестиції, млн євро	2,6	2,6	2,6

Собівартість гранул, євро/т	44,3	44,3	22,0
Ринкова ціна гранул, євро/т без ПДВ	61,3**	61,3**	48
Економічні показники:			
При будівництві за власні кошти:			
IRR, %	23	23	36
Простий строк окупності, років	4,1	4,1	2,8
При будівництві за власні та кредитні кошти (кредит 60% кап. витрат, під 8% річних, на 8 років, з відстрочкою виплати тіла кредиту на 1 рік)			
IRR, %	20	20	33
Простий строк окупності, років	4,8	4,8	3,1

* Собівартість тюкованої соломи зернових або стебел кукурудзи з доставкою до заводу

** Прогнозна ринкова вартість, визначена з урахуванням паливних властивостей

Найменший простий термін окупності складає 2,8 років для виробництва гранул із лушпиння соняшнику, тоді як простий строк окупності проектів виробництва гранул із соломи та стебел кукурудзи становить 4,1 років.

Техніко-економічні показники проекту із виробництва паливних брикетів із соломи продуктивністю 320 кг/год на базі наявних у агровиробника приміщень наведені у табл. 12. Паливні брикети із соломи можуть бути реалізовані населенню для використання у твердопаливних котлах як заміник вугілля.

ТАБЛИЦЯ 12 – ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕАЛІЗАЦІЇ БРИКЕТІВ ІЗ СОЛОМИ

Показники	Величина
Продуктивність	640 т/рік
Вартість сировини	18 євро/т без ПДВ
Капітальні витрати	40 тис. євро
Експлуатаційні витрати	23 тис. євро/рік
Кредитні кошти (частка капітальних витрат)	60%
Ставка по кредиту	7%
Продажна ціна брикетів	66 євро/т без ПДВ
Простий термін окупності	2,3 років
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 7%)	2,5 років
Внутрішня норма дохідності (IRR)	44%

НАЙКРАЩІ ПРИКЛАДИ ЗАГОТІВЛІ І ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ БІОМАСИ

Аверс-тех

Компанія Аверс-тех (м. Умань) придбала власний парк техніки та налагодила заготівлю сільськогосподарської біомаси, яку переробляє у пелети з 2004 року, почавши розвивати цей напрямок однією з перших в Україні. Продуктивність лінії гранулювання складає 4 т/год, лінія частково укомплектована обладнанням власного виробництва. Основною сировиною є солома злакових, хоча намагались виробляти пелети і з інших видів аграрної сировини, за винятком залишків кукурудзи. Середньорічне виробництво у сезон 2015-2016 становило 10 000 т.

Підприємство забезпечує себе сировиною самостійно, маючи для цього все необхідне обладнання (рис. 23). Слід відзначити великі успіхи колективу у відпрацюванні та налагодженні ефективної системи заготівлі тюкованої соломи. Ця система була відпрацьована протягом кількох останніх років, зазнавши багато вдосконалень.



трактор із прес-підбирачем



самозавантажувальний причеп

Рисунок 23 – Техніка для заготівлі соломи компанії Аверс-тех

Важливі фактори, що впливають на собівартість заготівлі сировини, які компанії доводилось технічно та організаційно вдосконалювати:

- правильний вибір постачальників соломи та полів для заготівлі: на підприємстві вважають, що першочергове значення має кількість соломи, яка може бути зібрана з одиниці площі поля, і краще знаходити підходящі поля далі від підприємства, ніж збирати таку ж кількість соломи ближче, але на більшій площі поля;
- узгодження потужностей тракторів та іншої техніки: необхідно підбирати потужність, що точно відповідала би тій, що необхідна, наприклад, для роботи тюкувального обладнання, не обмежуючи його виробничу продуктивність;
- дистанційне слідування за переміщенням техніки: завдяки обладнанню техніки системою GPS-навігації можна оптимізувати її використання, суттєво зменшивши непродуктивні витрати палива;
- використання спеціальної техніки для оптимізації збирання соломи,

наприклад, подвоювача валків або спеціального візка за прес-підбиральником, що вміщує 3 тюки для їх транспортування до місця розвантаження, та дозволяє зменшувати навантаження на підбиральник тюків;

- оптимізація матеріально-технічного постачання в ході збирання: наприклад, своєчасна централізована доставка палива для заправки техніки безпосередньо в місце, де вона працює, економить час на заправку та непродуктивні витрати палива;
- створення комфортних умов роботи водіїв: обладнання салону кондиціонером може дозволити збільшити тривалість роботи з 8 до 12 годин на добу, підвищивши таким чином коефіцієнт завантаження техніки та зменшивши строки збирання;
- оптимізація технічного обслуговування: при ремонті імпортої техніки визначається перелік найбільш "відповідальних" деталей, що мають бути закуплені у фірми-виробника техніки, та інших деталей, що можуть бути виготовлені в Україні за дешевшою ціною без шкоди для функціонування техніки;
- вибір правильного розміру прямокутного тюка для оптимізації логістичних операцій, наприклад, збільшення навантаження машини для перевезення тюків з 15-16 до 18 тонн;
- робота з агровиробниками щодо організаційної оптимізації процесів заготівлі, а також для їх заохочення продавати соломі: зокрема, якщо агровиробники побачать товарну цінність соломі, яку вони іноді спалюють на полях, то можуть навіть скоригувати необхідні характеристики злакової культури (наприклад, більш високе стебло для збільшення маси соломі в полі).

Завдяки цілеспрямованій роботі з удосконалення заготівлі підприємству вдалося досягнути собівартості тонни заготовленої соломі на рівні 162 грн/т (2013 рік), що на 30-50% нижче за собівартість, отриману в той же час іншими виробниками пелет із соломі, які здійснюють заготівлю в порівняних обсягах.

Крім виробництва пелет із соломі, підприємство стимулює її енергетичне використання, впроваджуючи котли для спалювання пелет.

Заслуговує уваги досвід підприємства з використання золи соломі: протягом 5 років зола від спалювання пелет частково вноситься на поля агровиробників. Додатково вносяться азотні добрива.

Він-Пелет (сmt. Турбів)

Завстановленою потужністю підприємство наразі є найбільшим виробником пелет із соломі в Україні й у Східній Європі. Встановлена потужність лінії 10 т/год дозволяє виробляти до 75 000 т/рік пелет із рослинної сировини. Виробнича лінія введена в експлуатацію у 2012 р. Підприємство будувалося

"під ключ" із розрахунком на створення вертикально-інтегрованого холдингу із замкнутим циклом логістики-виробництва-постачання пелет. Наявна вся необхідна техніка для організації повного циклу логістики соломі: прес-підбирачі (6 одиниць), маніпулятори-навантажувачі (6 одиниць) подвоювачі валку (2 одиниці), трактори (10 одиниць), вантажівки (кількість різна, транспорт частково орендується). Лінія гранулювання також створена повністю "під ключ" виробником обладнання Amandus Kahl. Загальний об'єм інвестицій у проект склав до 28 млн євро. Через складнощі реалізації на ринку агропелет підприємство недовантажене, за сезон 2015-2016 було вироблено до 30 000 т пелет (коефіцієнт завантаження 0,4).

Підприємство має плани щодо розширення виробництва як за рахунок підвищення коефіцієнта завантаження, так і за рахунок введення нових виробничих потужностей до 150 000 т/рік. Наявний набір логістичної техніки дозволяє заготовляти до 200-250 тис. т тюків соломі/сезон, отже не є лімітуючим фактором, а навпаки, стимулює підприємство до розширення, щоб збільшити коефіцієнт завантаження техніки.

Схема виробництва пелет на підприємстві є типовою і складається із операцій подрібнення, сушки, гранулювання, охолодження, просіювання та складування пелет. На першому етапі подрібнюється тюк соломі до дрібної фракції (це здійснюється за допомогою спеціальної соломорізки, яка нарізає тюк на тонкі "скибки"). Після цього подрібнена солома йде на стрічкову сушку, де відбувається підсушування до необхідних 15% вологості. Після сушки відбувається вторинне подрібнення на молотковій дробарці Amandus Kahl. Після процесу гранулювання внаслідок сильного розігріву матеріалу слідує фаза охолодження пелет для збереження їх якісних властивостей. Також на цьому етапі відсіюється брак фракції. Далі вже готові пелети поступають в оперативний бункер (силос об'ємом до 250 м³), звідки вантажаться насипом на автомашини або запаковуються у біг-беги для подальшої реалізації. Продукція підприємства не сертифікована, проте сертифіковане виробництво за стандартами групи ISO 9001 та 140001, планується сертифікація за стандартом ISO 50001.

Підприємство працює як з трейдерами, так і з кінцевими споживачами, при цьому не займається доставкою пелет власним автотранспортом. Споживання електроенергії на весь виробничий цикл залежить від завантаженості, при поточному виробництві знаходиться на рівні 140-175 кВт·год/т пелет. Потреба у тепловій енергії забезпечується котельнею на біомасі, що знаходиться безпосередньо на підприємстві і працює на пелетах із соломі та на трісці (2 котли: 2,5 МВт_т на пелетах із соломі працює у базовому навантаженні та 1 МВт_т на трісці працює у піковому режимі). Підприємство повністю забезпечує себе теплом з біомаси власного виробництва.

Оперативний склад тюків соломі використовується безпосередньо для її зберігання перед подачею на виробництво (запас тюків на 3-4 години

автономної роботи при максимальному завантаженні лінії гранулювання) (рис. 24а). Проміжний склад тюків соломи, розташований на території виробництва (запас тюків на 3-8 тижнів при максимальному завантаженні лінії гранулювання) (рис. 24б). Центральний склад соломи, розміщений у полі на відстані 6 км від підприємства, розрахований на запас тюків на 1-2 сезони автономної роботи (рис. 24в).



а) оперативний склад



б) проміжний склад



в) центральний склад

Рисунок 24 – Склади підприємства

На підприємстві реалізована концепція логістики ступеневого зменшення розміру складів при наближенні до точки виробництва. Найбільший центральний склад у полі заповнюється у сезон збору врожаю. Тюки соломи доставляються на нього з навколишніх полів, на яких проходить безпосередній збір та тюкування, із максимальним плечем доставки до 100 км в обидва боки. Проміжний склад на території підприємства заповнюється по мірі завантаженості пелетної лінії шляхом перевезення з центрального складу із плечем доставки 12 км в обидва боки. Оперативний склад безпосередньо на початку лінії гранулювання заповнений завжди, коли виробництво працює, тюки на нього перевозяться безперервно та лише з проміжного складу на території підприємства.

DuPont (м. Невада, штат Айова, США)

Практичний досвід заготівлі значних обсягів побічної продукції кукурудзи на зерно напрацьований у США компанією DuPont, яка 30 жовтня 2015 р. відкрила у м. Невада штату Айова найбільший у світі завод із виробництва целюлозного біоетанолу. На заводі планується виробляти більш ніж 110 млн л целюлозного біоетанолу на рік (рис. 25).

Рисунок 25 – Виробнича програма заводу біоетанолу з лігноцелюлозної сировини DuPont²²

Завод целюлозного біоетанолу DuPont сплачує фермерам за дозвіл збирати ПП кукурудзи та управляє витратами на заготівлю, зберігання та транспортування. Фермери отримують кошти за доступ до поля та за обсяги поживних елементів, які забираються разом із побічною продукцією. Солому кукурудзи збирають із 500 найближчих ферм. На заводі зайнято 85 постійних працівників та 150 працівників забезпечують збирання, транспортування і зберігання сировини.

Відповідно до заготівельної програми, DuPont заключає контракти з місцевими фермерами на збір, зберігання та постачання соломи кукурудзи на завод з виробництва біоетанолу на таких умовах:²³

- розташування у радіусі 48 км від м. Невада, штат Айова;
- кукурудза повинна вирощуватися за системою обробітку ґрунту No-till або консервуючою;
- урожайність не менше 12,2 т/га;
- відносно рівні поля (нахил поверхні не більше 4%).

Зростання врожаїв кукурудзи призводить до більшої кількості рослинних решток, що створює проблеми для фермерів. Збільшення кількості рослинних решток від вирощування кукурудзи на зерно спричиняє хвороби рослин, перешкоджає сівбі і стабільному розвитку кукурудзи та сприяє поглинанню азоту. Відчуження частини побічної продукції з високопродуктивного поля перед сівбою може покращити пророщення, ріст та підвищити врожайність культур.

Дослідження, проведені у штаті Айова, показали, що врожайність на полях із частково видаленою побічною продукцією з повторним вирощуванням кукурудзи на зерно збільшилася приблизно на 0,35 т/га у порівнянні з попередніми роками.

²² <http://www.dupont.com/products-and-services/industrial-biotechnology/advanced-biofuels/articles/nevada-cellulosic-ethanol-by-the-numbers.html>

²³ <http://www.dupont.com/products-and-services/industrial-biotechnology/advanced-biofuels/articles/nevada-corn-stover-harvest-program.html>

ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДИХ БІОПАЛИВ

В даному розділі мова піде виключно про енергетичні культури для виробництва твердих біопалив. Урожайність енергетичних культур є головним під час вибору виду культури для вирощування у визначеній місцевості і напряду залежить від кліматичних, ґрунтових та інших умов. Культури мають різну потребу у воді, можуть значно відрізнятися за морозо- і посухостійкістю (табл. 13).

ТАБЛИЦЯ 13 – ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ВІДНОСНО УМОВ ВИРОЩУВАННЯ²⁴

Культура	Температура, °C			Потреба у воді	Морозо-стійкість	Посухо-стійкість
	проростання насіння	ріст культури				
		min	max			
ШВИДКОЗРОСТАЮЧІ ДЕРЕВНІ КУЛЬТУРИ						
Верба	-	0	30	висока	висока	низька
Тополя	-	0	30	середня	середня	середня
Евкаліпт	-	5	35	висока	низька	висока
БАГАТОРІЧНІ ТРАВ'ЯНИСТІ КУЛЬТУРИ						
Двокісточник тростиноподібний	>7	7	30	висока	висока	низька
Просо прутувидне	>15	10	35	середня	висока	середня / висока
Міскантус	>8	10	40	середня / висока	середня	низька
Арундо тростинний	>5	5	35	середня	низька	середня / висока
Артишок іспанський	>5	5	35	низька	низька	висока

Для країн ЄС складено таблиці й карти із зазначенням культур, рекомендованих для різних кліматичних зон. Для континентальної зони вважаються доцільними такі культури, як верба, тополя, міскантус, двокісточник тростиноподібний; для півночі середземномор'я – тополя, міскантус; для півдня середземномор'я – арундо тростинний, евкаліпт²⁴. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні²⁵, відображає характеристики придатності сортів рослин для вирощування

та напрямки їх використання. У чинний (станом на 07.08.2017 р.) Реєстр сортів рослин для біоенергетичного напряду використання включено: 4 сорти міскантусу гігантського; 2 – міскантусу цукровіткового; 1 – міскантусу китайського; 2 – проса прутевидного; 4 – верби прутевидної; 1 – верби тритичинкової; 1 – верби білої; 1 – павловнії та 1 – редьки олійної. Детальніша інформація про ці сорти наведена у табл. 14. Серед швидкозростаючих деревних енергетичних культур найбільш поширеними в багатьох країнах Європи, в т.ч. і в Україні, є верба (Salix) та тополя (Populus). Існує також ряд інших швидкозростаючих культур, як-то: акація біла (Robinia Pseudoacacia L.), евкаліпт (Eucalyptus), вільха (Alnus), ясен (Fraxinus), береза (Betula), проте досвід їх вирощування для потреб енергетики наразі є обмеженим. Надалі увагу буде зосереджено на вирощуванні верби.

Верба – рід дерев, кущів або напівкущів родини вербових, до якого відносять загалом близько 400 видів. Для потреб енергетики зазвичай вирощують швидкозростаючий сорт верби прутевидної (Salix Viminalis). У природі кущоподібну форму такої верби часто можна зустріти по берегах річок, переважно в північній та західній частині України. Для комерційного вирощування звичайно використовують селекційні сорти верби, що характеризуються більш швидкими темпами щорічного приросту біомаси на 1 га, підвищеною стійкістю до шкідників та збудників хвороб рослини, морозостійкістю та мінімальними вимогами до ґрунтів. Енергетична верба дозволяє створювати високопродуктивні плантації з продуктивним терміном до 25-30 років. Енергетична верба являє собою кущ або кущоподібне дерево висотою до 6-8 м. Зазвичай енергетична верба росте густо, має велику кількість пагонів, якими досить легко розмножується. Культура характеризується високими показниками приросту довжини стебла – до 3-5 см на день, у середньому – 1,5 м за рік.

24 E. Alexopoulou, M. Christou, I. Eleftheriadis. Role of 4F cropping in determining future biomass potentials, including sustainability and policy related issues. Biomass Department of CRES, 2010-2012. http://www.biomassfutures.eu/public_docs/final_deliverables/WP3/D3.2%20Role%20of%204F%20crops.pdf
25 <http://sops.gov.ua/reestratsiya-prav/reiestry/reiestr-sortiv-roslyn-ukrainy>

ТАБЛИЦЯ 14 – ПЕРЕЛІК СОРТІВ РОСЛИН ДЛЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО НАПРЯМУ ВИКОРИСТАННЯ ІЗ ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ СОРТІВ РОСЛИН

Назва сорту	Рік реєстрації	Рекомендована зона вирощування	Код власника
Верба прутовидна <i>Salix viminalis</i> L.			
LINNEA / LINNEA	2014	ПЛС	1745
Wilhelm / Wilhelm	2014	С	1947
Панфильська 2 / Panfyl's'ka 2	2014	ПЛ	1767
Марцияна / Martsyiana	2013	П	1819
Верба тритичинкова <i>Salix triandra</i> L.			
Панфильська / Panfyl's'ka	2014	ПЛ	1767
Верба біла <i>Salix alba</i> L.			
CORVINUS / Corvinus	2016	ПЛС	1865
Мискантус гігантський <i>Miscanthus x giganteus</i> J.M. Greef & Deuterex Hodkin			
Верум / Verum	2014	ПЛС	1955
Біотех / Biotekh	2017	СЛП	191
Осінній зорецвіт / Osinniizoretsvit	2015	ЛП	1751
Гулівер / Huliver	2015	ПЛ	348
Мискантус цукроквітковий <i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim) Benth.			
Снігова королева / Snihovakoroleva	2015	ПЛ	1751
Снігопад / Snihopad	2015	ПЛ	348
Просо прутоподібне <i>Panicum virgatum</i> L.			
Морозко / Morozko	2015	ЛП	1751
Зоряне / Zoriane	2015	ЛП	248
Мискантус китайський <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.			
Місячний промінь / Misiachnyi promin`	2015	ЛП	1751
Павловнія <i>Paulownia</i> Sieb. et Zucc.			
Ін Вітро 112 / In Vitro 112	2017	СЛП	2280
Редька олійна <i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiformis</i> Pers.			
КИЯНОЧКА / KYIAHOЧKA	2017	ПЛ	348

Позначення: П – Полісся; Л – Лісостеп; С – Степ

Код/Назва власника:
191 - Мельничук Максим Дмитрович,
348 - Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАНУ,
1745 - Лантманнен СВ Сід АБ (Швеція),
1751 - Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААНУ,
1767 - Панфильська дослідна станція Національного наукового центру "Інститут землеробства НААНУ",
1819 - ТОВ "СаліксЕнерджи", 1865 - Шільвануш Чопорт Кфт. (Угорщина),
1947 - Юреп'єн Віллов Бріїдінг АБ (Швеція),
1955 - ТОВ "ЕНЕРГО АГРАР",
2280 - Ін Вітро СЛ (Іспанія).



Рисунок 26 – Платтації енергетичної верби

Вибір земельної ділянки. Кліматичні умови для вирощування та вимоги до ґрунтів

В Україні енергетичну вербу можна вирощувати на землях сільськогосподарського призначення, оскільки вона відноситься до технічних багаторічних сільськогосподарських культур. При цьому важливо розуміти, що проекти з вирощування швидкозростаючої енергетичної деревини повинні відповідати принципам сталого розвитку, на що сьогодні звертають увагу інституції ЄС під час надання кредитних ресурсів, технологій, закупівлі виробленої сировини (деревної тріски чи гранул) тощо. Так, згідно Директиви 28/2009/ЄС плантації енергетичних деревних культур слід закладати на землях, що не використовуються для вирощування сільськогосподарських культур.

Разом з тим, нижча вибагливість верби до умов вирощування у порівнянні з традиційними сільськогосподарськими культурами обумовлює можливість та доцільність вибору земельних ділянок, непридатних (категорія 5) та малоприсаєднаних (категорія 4) для ведення сільського господарства. Це відповідним чином знижує конкуренцію з продуктивними наділами ріллі та збільшує загальну частку корисного використання земель сільськогосподарського призначення.

Головним критерієм раціонального вибору земельної ділянки для вирощування енергетичної верби є високий рівень вологості в ґрунті (оптимальна вологість 70%). Така ділянка має бути розташована в кліматичній зоні, де середньорічна кількість опадів складає 600-700 мм, а середньорічна температура складає 6 °С та вище. В Україні такі зони локалізовані, переважно, в західній та північній частинах (Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Волинська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Житомирська, Київська, Чернігівська, Сумська області), а також частково в Луганській, Донецькій областях та південній частині Криму (рис. 27).

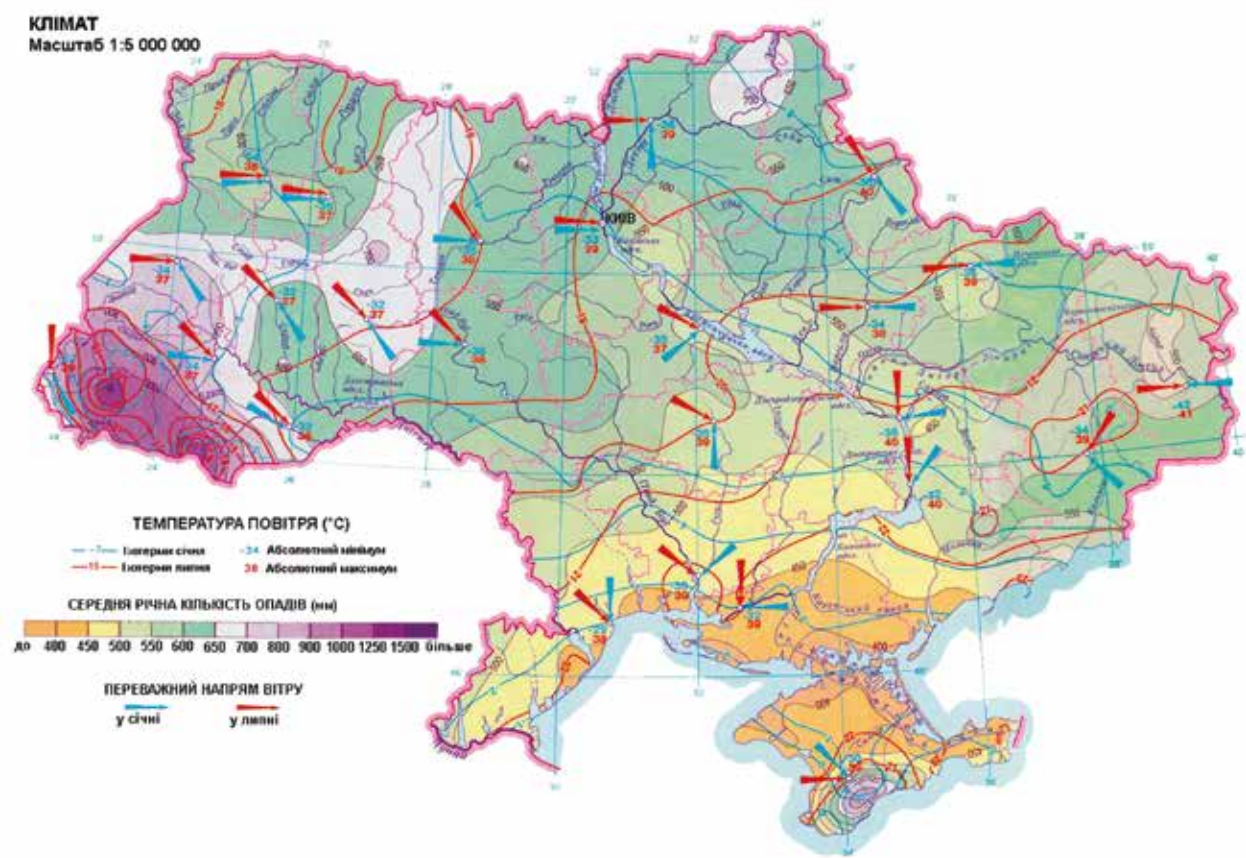


Рисунок 27–Кліматична карта України²⁶

У випадку, коли кількість опадів суттєво нижча рекомендованої, ефективно вирощування верби потребуватиме вжиття іригаційних заходів. За умов належного еколого-економічного обґрунтування, для зрошення можливо використовувати попередньо очищені стічні води.

За інформацією компанії Salix Energy, серед інших вимог до ділянок для вирощування енергетичної верби відносять:

- рівень ґрунтових вод 0,5-2,0 м;
- низовини, плоскі та рівні ділянки;
- добре дреновані (транспіраційний коефіцієнт – 397, коефіцієнт водоспоживання – 80-110 мм/га);
- супіщані та суглинисті ґрунти слабо-кислої та нейтральної реакції ґрунтового розчину (рН 4,6-7,5);
- потужність ґрунтового покриву (до материнської породи) має становити не менше 40 см;
- вміст гумусу у верхньому шарі ґрунту (до 0,2 м) не менше 1%.

Для зручності обробітку ідеальними ділянками під енергетичні деревні плантації є ділянки рівні, або похил яких не перевищує 10%. Разом з тим, вирощування деревних насаджень на крутих схилах дозволяє мінімізувати ерозію ґрунту.

26 <http://visitua.info/photo/3>

Підготовка ділянки

Вирощування деревних енергетичних культур на сільськогосподарських землях вимагає такої ж ретельної підготовки ґрунту перед посадкою, як і для традиційних культур. Технологія підготовки ґрунту є аналогічною підготовці ґрунту під овочеву групу культур та залежить від стану земельної ділянки (забур'яненості, вирівняності поверхні ділянки), а також від обраної технології посадки саджанців. В даному контексті важливим фактором успішності проекту протягом його життєвого циклу є ефективна боротьба з бур'янами в передпосадковий період та період 1-го року росту.

Характер та рівень засміченості ділянки бур'янами залежить від попередньої практики використання землі. Якщо ділянка довгий час не оброблювалась, ризик інтенсивного проростання насіння бур'янів є досить значним. Такі ділянки важливо підготувати за рік до висадження плантацій, щоб викоринити багаторічні бур'яни. Тому введення в обіг земель, які довгий час не були в обробітку, вимагає проведення більшої кількості операцій та є витратнішим.

Класична підготовка ґрунту охоплює:

- дискування для подрібнення решток кореневищ та провокування росту бур'янів;
- боротьбу з бур'янами хімічним способом (гліфосад);
- глибоку осінню оранку на глибину 20-25 см;
- внесення комплексного мінерального добрива залежно від результатів проб ґрунту (табл. 15);
- передпосадкове вирівнювання;
- прикочування.

ТАБЛИЦЯ 15 – ОРІЄНТОВНІ ДОЗИ ВНЕСЕННЯ
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ПІД ЕНЕРГЕТИЧНУ ВЕРБУ²⁷

Зона	Типи ґрунтів	За режимом зволоження	Внесення мінеральних добрив, кг/га, д.р. (без гною)	
			садіння	догляд
Полісся	Запланований урожай – 40-45 т/га			
	сірі та світло-сірі лісові	автоморфні	N75P300K300	N80
	дерново-підзолисті		N85P300K300	N90
	дерново-підзолистіглейові	гідроморфні	N70P300K300	N90
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N80P300K300	N100

27 Управління технологічними процесами вирощування енергетичної верби / Сінченко В.М., Пиркін В.І., Гнап І.В., Гізбулліна Л.Н., Москаленко В.П., Мельничук Г.А. / Біоенергетика. №2 (8). – 2016. С. 6-10

Лісостеп	Умови достатнього зволоження, врожайність– 50 т/га			
	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N60P300K300	N60
	сірілісові		N70P300K300	N70
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N50P300K300	N60
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N80P300K300	N80
	Умови нестійкого зволоження, врожайність– 45 т/га			
	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N60P300K300	N60
	сірілісові		N65P300K300	N70
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N50P300K300	N60
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N75P300K300	N80

Примітка: у процесі догляду за енергетичною вербою вносяться тільки азотні добрива один раз на 3 роки (після зрізування верби)

Важливим етапом підготовки ґрунту є передпосівне внесення добрив. Удобрення ґрунту слід проводити виходячи з обсягу виносу поживних речовин культурою і запасу поживних речовин у ґрунті. Наприклад, в 10 т сухої деревини верби міститься 46-49 кг N, 12-15 кг P, 22-29 кг K, 40 кг Ca, 10 кг Mg. При 3-річному циклі збору врожаю і річній продуктивності 10 т сухої маси на 1 га можна орієнтуватися на наступні норми внесення добрив: азот 150 кг/га, фосфор 45 кг/га, калій 90 кг/га, кальцій 120 кг/га, магній 30 кг/га (один раз на три роки після зрізання). На збіднених ґрунтах норма внесення добрив повинна бути збільшена на 30-40% до досягнення середніх показників родючості ґрунту. В таблиці 15 наведено рекомендовані орієнтовні дози внесення мінеральних добрив під енергетичну вербу в залежності від зони вирощування та типу ґрунтів.

Закладення саджанців

Період та спосіб закладання саджанців залежить від виду деревної культури, форми посадкового матеріалу, загальної площі насаджень, наявної техніки, вартості робочої сили, планів збору урожаю тощо.

Посадковий матеріал верби буває двох типів – у формі довгих (1,5-3 м) або коротких (20-25 см) прутків. Посадковий матеріал збирається в зимовий період та зберігається при температурі мінус 4°C. Перед безпосереднім висаджуванням прутки рекомендується 1-2 доби витримати в умовах

нормальної температури.

Висаджування проводять як машинним способом, так і вручну. Зазвичай, довгі прутки висаджують за допомогою спеціальних посадочних машин (рис. 28), короткі – вручну. Короткі саджанці можуть висаджуватись також машинним способом, що передбачає попередню порізку довгих прутків автоматизованим або ручним способом.



Рисунок 28 – Висаджування довгих прутків верби машинним способом ²⁸

Закладання саджанців (посадка), як правило, здійснюється навесні, у квітні-травні, коли погодні умови дозволяють проводити підготовку ґрунту. Ключовими факторами успіху посадки є достатня вологість та температура ґрунту, за яких саджанці зможуть досить швидко пускати коріння. Тому важливе значення має врахування попередніх, поточних та прогнозних кліматичних факторів у районі майбутньої посадки. За сприятливих умов (відсутності опадів та морозів) посадку здійснюють також і пізньої осені (в листопаді). Безпосередньо перед посадкою проводять передпосівний обробіток ґрунту – дисковим культиватором, а потім культипакером.

Планування ділянки. Схеми посадки

Схеми висаджування швидкозростаючих деревних культур повинні бути розроблені таким чином, щоб забезпечити належний доступ усіх машин та механізмів, задіяних у технологічному циклі вирощування та збору. Важливо передбачити достатню ширину не засаджених ділянок по периметру, зокрема передбачених для розвороту техніки. На таких ділянках доцільно культивувати місцеві трав'янисті культури, що збільшить біорізноманіття в зоні насаджень. У разі використання автоматизованої техніки для збору врожаю верби та тополі ширина ділянок для розвороту техніки повинна складати щонайменше 6-7 м. Площа таких ділянок повинна також бути достатньою для проміжного накопичення та зберігання деревної тріски (колод) перед транспортуванням до кінцевого споживача (якщо передбачено таку схему логістики біомаси). Таке зберігання дозволяє додатково знизити вологість деревини.

Для мінімізації кількості необхідних розворотів техніки довжина рядків повинна бути якомога більшою. В ідеалі довжина рядка повинна бути достатньою для заповнення одного причепа деревною тирсою, перш ніж комбайн піде на розворот.

28 Ioannis Dimitriou & Dominik Rutz. Sustainable Short Rotation Coppice. A Handbook. - WIP Renewable Energies, Munich, Germany. – 2015.

З точки зору відношення суспільства до проектів вирощування енергетичних плантацій, їх необхідно планувати з врахуванням існуючого ландшафту місцевості, близькості до населених пунктів, рекреаційної та господарської діяльності населення в зоні розташування ділянки. На значних площах доцільно планувати широкі коридори між блоками насаджень, що дозволить збільшити публічний доступ та рекреаційну цінність плантацій, а також фіто- та зоорізноманіття. По периметру деревних насаджень доцільно також висаджувати однорічні традиційні культури.

Схеми посадки дерев можуть бути застосовані залежно від видів вибраних для вирощування культур та циклу вирощування. Енергетична верба зазвичай вирощується за технологією швидкого обороту (3-5 років). Типово плантації верби висаджуються дуже щільно – від 5 тис. до 20 тис. саджанців на 1 га. Для полегшення операцій із закладення плантацій, удобрення та збору урожаю рекомендується посадка в одиночних або спарених рядах (рис. 29, рис. 30).

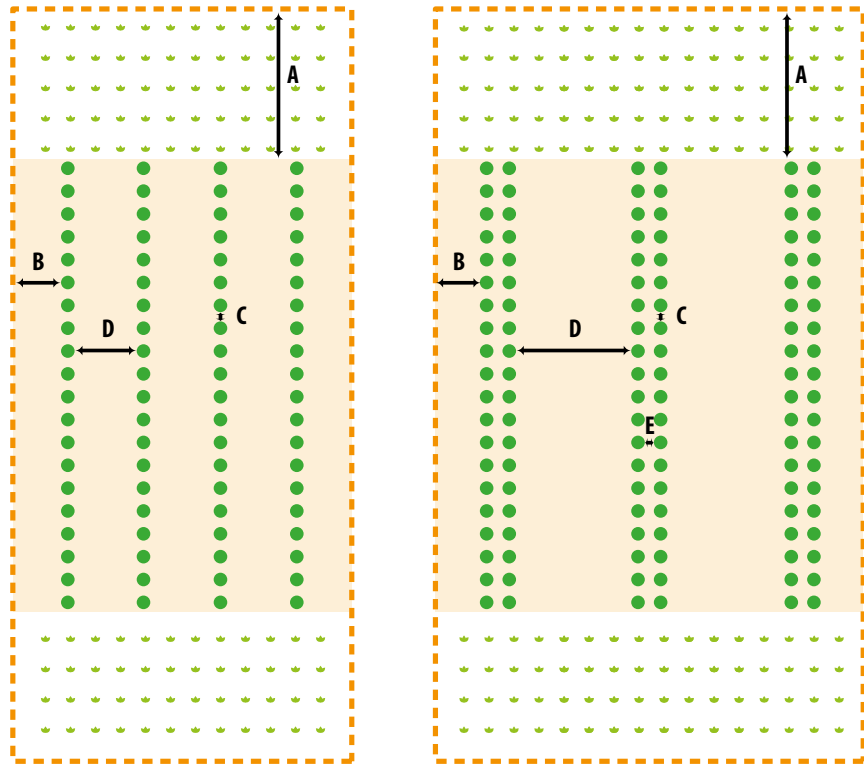


Рис. 29 – 1-рядна схема посадки

Рис.30 – 2-рядна схема посадки

Позначення:
А – ширина ділянки розвороту техніки (8 м);
В – ширина борту межевої ділянки (2 м);
С – відстань між деревами в ряду (0,45...2 м);
D – відстань між рядами (2 м);
Е – відстань між рядами в спарених рядах (0,75 м)

Відстань між рядами повинна складати 2 м, а відстань між деревами в рядах – від 0,45 м до 2 м, залежно від циклу вирощування.

Використання схеми зі спареними рядами може забезпечити більш швидке, а отже більш дешеве управління, особливо для плантацій верби з безліччю

пагонів та дуже короткими циклами вирощування. Типово відстані між спареними рядами в таких схемах складають 1,5 м, між рядами в спареному ряді – 0,75 м, а відстань між саджанцями в ряді – від 0,5 до 0,8 м (залежно від місця вирощування, використовуваних клонів або видів). Зміна відстані може вплинути на кінцевий продукт, особливо довжину та діаметр стебел. Тому важливо чітко розуміти вимоги кінцевого споживача до якості продукції ще на стадії планування.

ТАБЛИЦЯ 16 – ПАРАМЕТРИ ВІДОМИХ СХЕМ ПОСАДКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ ²⁷

Параметри	Схеми посадки плантацій					
	1	2	3	4	5	6
Ширина міжрядь, м:						
- між смугами	2,5	1,5	1,52	3	0,75	1,4
- між рядками в смузі	0,75	0,75	0,76	1,5	0,75	0,7
Кількість рядків у смузі, шт.	2	2	2	6	1	2
Довжина лінії рядків, м/га	6154	8889	8772	5714	13333	9524
Індекс площі живлення (за густоти рослин 15 тис., шт./га	3,96	1,90	1,95	5,91	1,19	1,65

Назви схем:

- 1 – австрійська;
- 2 – європейська,
- 3 – американська-1;
- 4 – американська-2;
- 5 – фермерська;
- 6 – пропонована

Догляд

Догляд за плантаціями поєднує в собі 4 основних процедури:

- контроль бур'янів у 1-й рік після посадки;
- контроль розмноження комах-шкідників;
- перший зріз після 1-го року росту;
- внесення добрив.

Для ефективної боротьби з бур'янами відразу після посадки саджанців рекомендується вносити до-сходові гербіциди. В подальшому протягом перших місяців проводять ретельний механічний та/або гербіцидний контроль бур'янів.

Гербіцид обов'язково підбирається та вноситься для домінуючого виду бур'яну. У випадку використання механічного контролю за допомогою

культиватора обробіток рекомендується проводити 3 рази за сезон. Як правило, при вирощуванні верби механічний контроль бур'янів здійснюють відразу після виявлення хоча б 2-3 рослин бур'яну, вищих за 8 см. Належний контроль бур'янів протягом 1-го року культивації майже повністю зніме необхідність такого контролю починаючи з 2-го року, оскільки вже сформовані плантації дерев будуть ефективно затінити та унеможливити інтенсивний ріст бур'янів.

У разі виявлення проблем із комахами-шкідниками на ділянці рекомендується вносити інсектициди одночасно з гербіцидами, оскільки комахи перебувають у стадії "лялечок" і тому ефект виявиться найбільшим. Під час внесення гербіциду з інсектицидом перевагу слід надавати більшим об'ємам з меншою концентрацією, що дозволить досягти кращого покриття плантацій та проникнення інсектициду. Проте без необхідності вносити хімічні речовини не рекомендується.

За період 1-го сезону росту саджанці дерев дадуть приріст 1-3 пагонів (залежно від клону) з максимальною висотою 2-3 м. З метою збільшення ступеня кущіння (кількості пагонів) та покращення вкорінення, після 1-го сезону росту (в зимовий період, після опадання листя) часто практикують перший зріз саджанців на висоті до 5 см від землі з використанням обертової косарки (для якісного зрізу, без пошкодження стебел). Перший зріз доцільно також робити за потреби внесення гербіциду на початку 2-го сезону росту плантацій. Втім, такий захід не є обов'язковим, оскільки не завжди приводить до збільшення врожайності плантацій протягом життєвого циклу. Також не рекомендується робити технічний зріз 1-го року в разі слабого зростання саджанців.

Як і будь-яка сільськогосподарська культура, для досягнення високої врожайності плантації швидкозростаючих енергетичних культур потребують відповідного удобрення. Чітких рекомендацій щодо норм внесення добриву період росту не існує, оскільки все буде залежати від конкретної місцевості, агротехнічних характеристик ґрунтів до посадки, передпосадкового удобрення, ростових характеристик культур тощо. Вважається, що на помірно родючих та родючих ґрунтах удобрення, зокрема в період першого циклу росту плантацій, не приводить до додаткового ефекту. Малородючі ґрунти можуть потребувати удобрення на ранніх стадіях.

В процесі догляду зазвичай вносяться тільки азотні добрива (табл. 15). Удобрення слід проводити з урахуванням біогенних речовин, що потрапляють у ґрунт з опалим листям та відмерлими частинами кореневищ. Наприклад, з листям верби за 3-річний період у ґрунт потрапляє орієнтовно 20 кг N.

Додаткового удобрення фосфором та калієм у процесі догляду за енергетичними плантаціями зазвичай не потребується. Повернення золи від спалювання деревини дозволяє в повній мірі збалансувати винос калію з ґрунту за цикл вирощування.

Задля уникнення надмірного росту бур'янів та ефективного вкорінення саджанців упродовж 1-го сезону росту вносити добрива не рекомендується.

Збір урожаю: вихід біомаси, періодичність, властивості товарних продуктів

Збір урожаю швидкозростаючих деревних плантацій є критично важливою ланкою протягом життєвого циклу проекту, оскільки витрати на збір складають 50-80% загальних виробничих витрат.

Збір урожаю проводиться в зимовий період після опадання листя та до початку брунькування, в ідеалі – по мерзлому ґрунту без значного снігового покриву. Методи збору врожаю можуть залежати від цілого ряду факторів:

- виду та різновиду рослини: кількість та діаметр стебел;
- виду кінцевого товарного продукту: тріска, гранули, колоди;
- якості кінцевого товарного продукту: форма тріски, вологість;
- наявності техніки: власна техніка чи орендована;
- форми висадки саджанців: одно- чи дворядна схема, відстань між рядами;
- площі та форми ділянки: мала чи велика площа, чи є похилі ділянки;
- обсягів заготовлюваної деревини: логістичні умови, період між збором урожаю;
- вологості ґрунту: прохідність техніки для збору.

Загалом під час першого збору врожаю стебла зрізують якомога ближче до поверхні землі, в подальшому – на 1-2 см вище від попереднього зрізу. Зріз повинен бути рівним (без утворення волокнистої бахромки), а площа зрізу стебла – мінімальною.

Вихід біомаси енергетичних деревних плантацій з 1 га залежить від кліматичних умов у районі вирощування (кількість опадів, температурні показники протягом року) та типу ґрунтів, а тому запорукою високих урожаїв є підбір найбільш відповідного для конкретної місцевості виду та клону культури. Окрім цього, суттєво впливає також практика управління проектом за його життєвий цикл – від посадки до збору врожаю.

Періодичність збору врожаю насамперед визначається типом товарного продукту, який має бути отримано. Для деревної тріски/гранул періодичність збору типово складає 3-4 роки. Після 20-30 років культивування плантацій їх або перенасаджують, або ж замінюють іншими культурами.

В Європі доцільним вважається вирощування деревних плантацій із середньорічним виходом готового продукту (деревної тріски) 5-18 т/га (абсолютно сухої маси). Загальний вихід біомаси на один врожай розраховується за річним приростом, роком збору врожаю та вологістю деревини, що, як правило, складає близько 55%. Наприклад, якщо річний приріст становить 10 т абсолютно сухої маси на 1 га, цикл збору врожаю –

4 роки, а вологість деревини під час збору – 50%, то загальний вихід свіжої біомаси складе близько 80 т/га, абсолютно сухої – 40 т/га. Слід враховувати, що в результаті першого зрізу зазвичай отримують лише 60-70% потенціалу зрілої плантації.

ТАБЛИЦЯ 17 – ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ²⁸

Характеристики вирощування	Розмірність	Значення
Густина посадки	саджанців на 1 га	12,500-15,000
Періодичність збору врожаю	років	1-4
Середній діаметр стебла (в зоні пенька) при зрізі	мм	15-40
Середня висота рослини під час зрізу	м	3,5-5,0
Вихід свіжої біомаси рослин у результаті зрізу	т свіжої маси на 1 га	30-60
Вологість деревини	%	45-62

Як правило, кінцевим товарним продуктом при вирощуванні швидкозростаючих деревних плантацій є тріска (гранули), що використовується для спалювання в енергетичних системах, хоча існують і альтернативні способи використання такої деревини (наприклад, у целюлозно-паперовій промисловості, для виробництва рідкого палива за технологією термічної трансформації BtL тощо).

Залежно від методу збору врожаю можна отримати різні типи проміжних продуктів, що впливають на властивості тріски, переважно на розмір, форму та вологість. Розрізняють 4 основних типи таких продуктів:

- стебла: зрізані стебла до 8 м довжиною;
- пучки стебел: стебла, зв’язані в пучки;
- заготовки: подрібнені стебла довжиною 5-15 см;
- тріска: подрібнений матеріал з максимальним лінійним розміром 5 см.

Методи та техніка для збору врожаю

Існують різні методи збору врожаю деревних плантацій. Одним із методів є зрізання та одночасне подрібнення стебел до тріски за одну операцію. За іншим – стебла зрізують та залишають у полі для попереднього підсушування (в формі стрижнів або подрібнених до заготовок). При цьому операція з отримання товарної тріски з підсушеної деревини проводиться окремо.

- Для збору врожаю використовується наступна техніка та обладнання:
- спеціальна лісозаготівельна машина (харвестер): переважно потребує

- додаткової техніки/обладнання для подрібнення стебел;
- причіпне обладнання до трактора 3-х типів: з комбінованим зрізанням та подрібненням, лише зрізанням або лише подрібненням;
 - спеціалізований самохідний комбайн або модифікований кормозбиральний/бурякозбиральний комбайн: дозволяє одночасно зрізати та подрібнювати стебла;
 - ручне та механізоване ручне обладнання (садові ножі, бензопили, тримери тощо).

Для збору верби використовують також метод "біотюкування", що пропонується, наприклад, компанією AndersonGroup (Канада). Метод полягає у спресовуванні довгих тонких стебел в тюки, зазвичай круглі (подібно тюкам соломи).

ТАБЛИЦЯ 18 – ОСОБЛИВОСТІ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБОРУ ПЛАНТАЦІЙ ТА ЗАГОТІВЛІ ТРІСКИ

ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ	ОСОБЛИВОСТІ
Збір за допомогою ручного чи моторизованого ручного обладнання (садові ножі, бензопили, тримери тощо)	
→ зрізання стебел	→ значне використання ручної праці
→ збір стебел вручну чи за допомогою трактора	→ трудомістка та небезпечна
→ складування стебел для підсихання чи безпосереднє подрібнення	→ низькопродуктивна
→ завантаження стебел до малогабаритних подрібнювачів вручну чи за допомогою крана	→ нижчі витрати на реалізацію проекту внаслідок використання існуючих машин
	→ підходить для невеликих ділянок до 5 га при заготівлі тріски для побутових чи невеликих комунальних котелень
	→ роботи повинні проводитись як мінімум 2-ма працівниками
Механізований збір за допомогою харвестера	
→ зрізання стовбурів та стебел	→ високий рівень автоматизації та безпеки праці
→ збір стовбурів/стебел (пучків стебел за допомогою трактора чи форвардера	→ можливість підсушки пучків стебел чи цілих стебел у полі
→ складування стебел для підсихання чи безпосереднє подрібнення	→ зазвичай проводиться окремою компанією за контрактом
→ завантаження стебел до подрібнювачів за допомогою крана	→ рентабельно лише для великих ділянок
	→ підходить для заготівлі тріски для котелень будь-якого типу
Механізований збір з використанням причіпного обладнання чи самохідних комбайнів	
→ одночасне зрізання та подрібнення стовбурів та стебел	→ високий рівень автоматизації та безпеки праці
→ накопичення тріски в причепі для подальшого транспортування	→ рентабельно для середніх та великих ділянок
→ тріска транспортується споживачу, на зберігання чи підсушування	→ підходить переважно для заготівлі тріски для великих котелень та ТЕЦ
	→ підсушування тріски може бути більш затратним
	→ заготовлена тріска є якіснішою (однорідною за формою та розміром, без сторонніх домішок)

Існує три основних види техніки подрібнення:

- подрібнювач барабанного типу: характеризується значним шумовим навантаженням та підвищеною небезпекою для оператора; при подрібненні тонких стебел верби може давати неякісну тріску;
- дисковий подрібнювач: енерговитратніший у порівнянні з подрібнювачем барабанного типу, проте дозволяє виготовляти більш якісну тріску (однорідної форми та розміру);
- подрібнювач шнекового типу: використовується для отримання кускового біопалива, довжина якого визначається кроком шнеку; одним із недоліків є необхідність заточки ножа великого розміру.

Сушіння та зберігання деревної тріски

Для отримання придатних для потреб енергетики товарних продуктів з деревини зібраний урожай необхідно підсушувати. Чим сухішим є матеріал, тим вища його теплотворна здатність на одиницю маси (наприклад, нижча теплотворна здатність вологої деревини (W=50%) складає 2,1-2,2 кВт·год/кг, а сухої (W=20%) – 3,9-4,0 кВт·год/кг. Окрім цього, тривале зберігання свіжої тріски, заготовленої відразу після зрізання стебел, може мати ряд негативних наслідків:

- втрачається 2-4% біомаси протягом місяця внаслідок розвитку біологічних процесів;
- розвиток грибкових утворень із попаданням спор у повітря, що становить небезпеку для здоров'я;
- ризик утворення змерзлих грудок тріски, що може стати причиною наступного пошкодження обладнання;
- ризик неконтрольованого займання, спричиненого підвищенням температури в товщі купи тріски внаслідок екзотермічних процесів метаболізму бактерій;
- негативний вплив на навколишнє середовище внаслідок виділення летких ароматичних сполук та потрапляння токсичного фільтрату з тіла купи тріски в ґрунт, а отже у водоносні горизонти.

Підсушування деревини на повітрі дозволяє знизити вологість з 50-55% до 30-35%, що достатньо для безпечного тривалого зберігання тріски протягом декількох місяців. Найбільш придатною для спалювання вважається повітряно-суха деревина вологістю 15-20%.

Для сушіння тріски зазвичай застосовують метод продування нагрітого повітря крізь товщу тріски в контейнері. Більш складними є сушарки поступально-змішувального типу, а також сушарки конвеєрного типу (табл. 19).

ТАБЛИЦЯ 19 – МЕТОДИ СУШІННЯ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

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

Переваги вирощування енергетичної верби

Серед переваг вирощування енергетичної сировини можна виділити наступні:

- ефективно використовуються малопродуктивні землі;
- розвивається малий та середній бізнес;
- підвищується інвестиційна привабливість регіонів, де вирощуються культури;
- створюються додаткові робочі місця;
- підвищується прогнозованість витрат на виробництво теплової енергії та знижується їх залежність від цін на традиційні енергоносії (природний газ, вугілля тощо);
- робиться внесок у скорочення викидів парникових газів – у середньому 50 т CO_{2екв} на 1 га плантацій енергетичної верби.

Для України, яка є членом СОТ та прагне вступити до Євросоюзу, звичною має стати базова модель розвитку, що прийнята в ЄС, тобто модель інноваційного розвитку, за якої енергетична та екологічна безпека країни поєднується з активізацією роботи над удосконаленням правового забезпечення, впровадженням інноваційних технологій, зокрема виробництва біопалива, на місцевому і на державному рівнях.

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Питання рентабельності проектів з вирощування енергетичних плантацій для виробництва твердих біопалив є неоднозначним, оскільки цей показник залежить від численних факторів, про які, зокрема, йшла мова вище. Окрім технічних аспектів, головним із яких є досягнута урожайність культури

протягом життєвого циклу проекту, критично важливим є власне ринкова ціна на товарні продукти енергетичних плантацій, що може суттєво коливатись залежно від країни, регіону, конкуренції, сезону та інших ринкових умов. Так, ринкова ціна на деревну тріску (з доставкою, з ПДВ) в Україні в 2017 році коливається в діапазоні від 800 до 1400 грн/т (28-48 євро/т²⁹), деревних гранул (з доставкою, з ПДВ) – 1170-3400 грн/т (40-117 євро/т) (детальніше – див.³⁰).

В табл. 20 наведено економічні показники окремих прикладів проектів з вирощування енергетичної верби на паливну тріску в країнах ЄС та в Україні.

Як видно з табл. 20, загальні виробничі витрати суттєво відрізняються для різних проектів – від 38 до 83 євро/тСР. Основні витрати в проекті пов'язані із закупівлею саджанців, підготовкою ділянки, посадкою та збором урожаю. Критично важливою стосовно рентабельності проекту може бути наявність у потенційного інвестора власної техніки, яку можна задіяти в операціях протягом життєвого циклу вирощування та збору плантацій. Закупівлю власної техніки доцільно розглядати лише для великих проектів.

ТАБЛИЦЯ 20 – ОСНОВНІ СТАТТІ ЗАТРАТ У ПРОЕКТАХ З ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Стаття затрат	Розмір затрат	Проект	Коментарі
Посадковий матеріал, євро/га	780-975	SIA Ecomarc (Латвія)*	Ліцензовані шведські сорти верби (клони Toga та Torhild); 0,325 євро/п.м або 0,065 євро за саджанець (20 см)
	744	Salix Energy (Україна)	Ліцензовані шведські сорти верби (зареєстрований в Україні сорт "Марцияна")
	550	Ecosolum Group (Україна)	При вартості 1 саджанця 0,04 євро та щільності посадки 13,5 тис. живців/га, з урахуванням доставки та інших матеріалів
Підготовка ділянки, євро/га	230-360	SIA Ecomarc (Латвія)	Включає: внесення хімікатів, оранку, видалення кореневищ дерев та каміння, дискування/ боронування
	250	Wilwater (Франція)***	
	219	Salix Energy (Україна)	Роботи на аутсорсингу
Посадка, євро/га	215	SIA Ecomarc (Латвія)	
	207	Salix Energy (Україна)	Роботи на аутсорсингу
	162	Ecosolum Group (Україна)	Оренда основної техніки (саджалки, трактора, рефрижератора)
Удобрення, євро/га/рік	38	Puckgården (Швеція)**	
	100	Wilwater (Франція)	Стічними водами села (2800 жителів) – 100 м³/га протягом 3-х років

29 При обмінному курсі 29,1 грн/€
30 Практичний посібник з використання біомаси в якості палива в муніциальному секторі
http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/7c/72/7c720963-ef77-4916-a5ce-b48980037def/praktichnii_posibnik_vikoristannia_biomasi__u_munitsipalnomu_sektori.pdf

Мех. контроль бур'янів, євро/га/рік	55	SIA Ecomarc (Латвія)	Одноразове боронування смуг між спареними рядами
	85	Wilwater (Франція)	
Герб. контроль бур'янів, євро/га/рік	80	SIA Ecomarc (Латвія)	Гербіцид Stomp CS
	210	Wilwater (Франція)	
Догляд, євро/га/рік	22	Puckgården (Швеція)	
	22	NynäsGård (Швеція)****	
Збір урожаю, євро/га	139	Puckgården (Швеція)	
	60	Wilwater (Франція)	
	238	NynäsGård (Швеція)	
	259	Salix Energy (Україна)	
	209	Ecosolum Group (Україна)	
Зберігання тріски, євро/тСР	8-48	Wilwater (Франція)	
Загальні виробничі витрати, євро/тСР тріски	53	NynäsGård (Швеція)	3-й цикл збору врожаю
	65	NynäsGård (Швеція)	Повний життєвий цикл
	53-83	Wilwater (Франція)	Зі зрошенням
	46-68	Wilwater (Франція)	Без зрошення
	38,5	Puckgården (Швеція)	5-й цикл збору врожаю
	52	Puckgården (Швеція)	Повний життєвий цикл

Примітки:
* - проект "SIA Ecomarc" виробництва тріски з енергетичної верби в Латвії, 84 тис. т/рік, дані на 2013 р.²⁸;
** - проект виробництва тріски з енергетичної верби в Швеції (Puckgården), площа насаджень 21 га, урожайність 8,0-10,7 тСР/га/рік при 4-річному циклі збору, дані на 2011 р.²⁸;
*** - проект "Wilwater" з виробництва тріски з енергетичної верби в регіоні Бретань у Франції, площа насаджень 100 га, густина насаджень 16 тис. саджанців/га, дані на 2007 р.²⁸;
**** - проект з виробництва тріски з енергетичної верби в Enköpings в Швеції, площа 76 га, зрошення стічними водами протягом 100 днів/рік, дані на 2011 р.²⁸

В умовах України загальні витрати на закладання плантації енергетичної верби на ділянці 200 га складають 34 тис. грн/га³¹ (станом на 2015 р., 1400 євро/га). Більше половини всіх затрат (53%) припадає на закупівлю саджанців (рис. 31).

31 При курсі 24,2 грн/євро

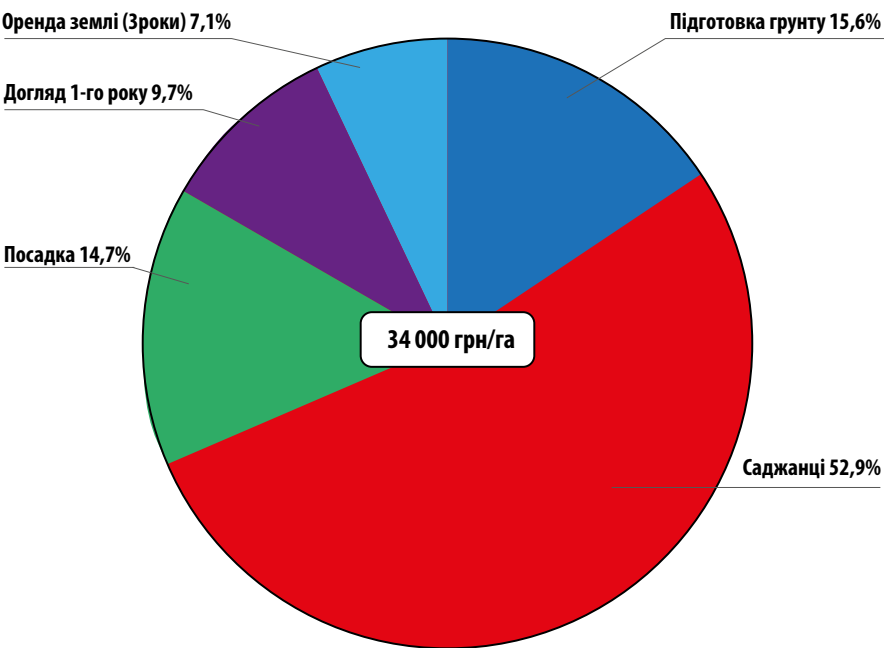


Рисунок 31– Структура затрат на закладення плантацій енергетичної верби ³²

Дану оцінку зроблено для випадку, коли всі роботи щодо підготовки ділянки та закладення плантацій виконуються сторонніми організаціями (аутсорсинг), без інвестування у придбання власної техніки під проект. Також не враховувались адміністративні витрати.

Операційні витрати, що враховують догляд у період між зборами врожаю та власне збір урожаю складають 10 тис. грн/га (станом на 2015 р., 345 євро/га). Відповідно, за урожайності верби близько 10 тСР/га на рік питомі виробничі витрати (для 3-річного циклу) складуть 11,5 євро/тСР.

Далі наведено приклад ТЕО проекту з вирощування енергетичної верби Salix spp. в агрокліматичних умовах Полісся.

Загальна площа закладання плантацій складає 2400 га, яку з метою рівномірного щорічного збору врожаю розбито на 3 групи полів площею по 800 га кожна. Приріст біомаси верби для даного регіону можна обґрунтовано прийняти 20 т/га/рік. Цикл збору врожаю – 1 раз на 3 роки. Таким чином, базова урожайність верби складає 60 т/га (для 2-го та наступних 5 зборів урожаю). В перший та останній збір урожайність прийнята як 60% від базового значення. Життєвий цикл проекту – 27 років з моменту посадки саджанців, число циклів збору врожаю з кожної групи полів – 8.

Загальні інвестиції в проект оцінено в майже 148,9 млн грн. До інвестицій віднесено всі витрати, що йдуть на підготовку ґрунту та висадку саджанців, включаючи закупівлю усієї необхідної техніки (табл. 22), добрив (табл. 23), саджанців (табл. 24), засобів захисту рослин (табл. 25), паливно-мастильних матеріалів, технічне обслуговування та ремонт техніки, оплату праці. Інвестиції здійснюються протягом перших 4 років (включаючи нульовий рік) та розподіляються наступним чином, як показано в табл. 21.

32 За інформацією Salix Energy (Україна)

ТАБЛИЦЯ 21 - ІНВЕСТИЦІЙНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПО ПРОЕКТУ (ТИС. ГРН, 3 ПДВ)

Показник	0 рік	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-26 роки	Всього
ВСЬОГО, в т.ч.:	34 964	36 393	30 345	47 163	-	148 866
саджанці	0	14400	14400	14400	-	43200
техніка	22986	6403	0	29405	-	58794
засоби захисту рослин	436	1978	1978	1542	-	5933
добрива	10714	10714	10714	0	-	32141
ПММ	773	1584	1584	756	-	4697
ТО й ремонти	0	1149	1504	894	-	3547
оплата праці з нарах.	55	166	166	166	-	553

ТАБЛИЦЯ 22 - ІНВЕСТИЦІЇ У ТЕХНІКУ ТА ГРАФІК ЇЇ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПО РОКАХ

Необхідна техніка	Кількість, од.	Вартість од., тис. грн	Завантаження техніки, год/рік						
			0 рік	1 рік	2 рік	3 рік	4-5 роки	6-23 роки	24-26 роки
ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБІР									
Трактори									
ХТЗ-242К	2	2749	390	818	818	1036	610	678	610
John Deere 6930	2	4697	282	1944	1944	2272	610	610	610
MT3-892	1	485	98	258	258	770	610	610	610
John Deere 8360R	2	10800	424	850	850	656	228	228	-
Машини									
Комбайн Claas Jaguar	1	8700	-	-	-	610	610	610	610
Приставка HSAB's SRC Chipping Head	1	2160	-	-	-	610	610	610	610
Борона БДВП-5,5	1	437	208	208	208	-	-	-	-
Цистерна РЗС-6	1	566	98	258	258	160	-	-	-
Обприскувач Харді Ренджер	1	783	98	258	258	160	-	-	-
Прицеп 2ПТС-6	3	342	182	610	610	1036	710	710	710
Розкидач добрив РУМ-8	1	97	182	182	182	-	-	-	-
Плуг KUHN-6 корп.	2	2030	424	424	424	-	-	-	-
Культиватор КПС-8	1	357	-	104	104	104	-	-	-
Саджалка Egedal 4 рядн.	2	4860	-	426	426	426	-	-	-

Фреза Celli Ranger 400	2	696	-	322	322	322	-	-	-
Луцильник ЛСД-3,7	2	490	-	1076	1076	1076	-	-	-
Цистерна ВНЦ-20	1	686	-	-	-	228	228	228	-
ВСЬОГО вирощування та збір:		40935							
ТРАНСПОРТУВАННЯ ДО СКЛАДУ									
Телескопічний навантажувач MF9407	2	3886	-	-	-	584	974	974	584
Вантажівка МАЗ-6501В9-471-031 з причепом	6	13973	-	-	-	1752	2920	2920	1752
ВСЬОГО транспортування до складу:		17859							
ВСЬОГО техніка:	34	58 794	-	-	-	-	-	-	-

ТАБЛИЦЯ 23 - ВИТРАТИ НА МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА

Рік та порядок внесення	Найменування	Норма, л/га	Ціна, грн/л	Витрати на всю площу, тис. грн (з ПДВ)
0 рік	Суперфосфат подвійний N9P30	1 000	9 300	22 320
0 рік	Каліймаг K44	682	6 000	9 820
Всього (підготовчий рік), тис. грн				32 140
Питомі витрати на засоби захисту рослин, тис. грн/га				13,4

ТАБЛИЦЯ 24- ВИТРАТИ НА САДЖАНЦІ

Посадковий матеріал	Ціна, грн/шт.	Щільність посадки, тис. шт./га	Кількість на всю площу, тис. шт.	Витрати, тис. грн (з ПДВ)	Питомі витрати на саджанці, тис. грн/га
Саджанці верби	1,2	15	36 000	43 200	18

ТАБЛИЦЯ 25 - ВИТРАТИ НА ЗАСОБИ ЗАХИСТУ РОСЛИН

Рік, порядок внесення	Найменування	Норма, л/га	Ціна, грн/л	Витрати на всю площу, тис. грн (з ПДВ)
0 рік, 1	Раундап Макс	2,4	227	1 308
1 рік, 2	Інсекцид	0,5	578	694
1 рік, 3	Стомп	3,0	273	1966
1 рік, 4	Стомп	3,0	273	1966
Всього (підготовчий рік), тис. грн				5 934
Питомі витрати на засоби захисту рослин, тис. грн/га				2,47

Логістика зібраного врожаю передбачає зберігання тріски на проміжному складі (в буртах на краю поля, під відкритим небом) протягом 2-3 місяців та наступне транспортування її до центрального складу на відстань 25 км. Під час зберігання на проміжному складі, за умови періодичного ворущіння буртів, тріска втрачає 7-10% вологи. Для вантажних операцій та ворущіння буде використовуватись телескопічний навантажувач MF9407.

Річні витрати операційної діяльності, в залежності від обсягів робіт, змінюються від 2,1 млн грн у підготовчий період до 7,5 млн грн в період інтенсивної планової діяльності. До основних статей витрат операційної діяльності віднесено витрати на оренду землі (600 грн/га на рік), ТО та ремонт техніки (табл. 26), оплату праці адмінперсоналу та виробничого сезонного персоналу.

Єдиним джерелом доходу в проекті є реалізація паливної сировини з енергетичної верби. Розглянуто два базових варіанти реалізації сировини (тріски): на внутрішньому ринку за ціною 650 грн/т (без ПДВ) та на експорт за ціною 1000 грн/т (без ПДВ). В першому варіанті річний дохід у перший цикл заготівлі складає 22,5 млн грн, а в наступних циклах – 37,5 млн грн, в другому – 34,6 та 57,7 млн грн відповідно. Діяльність підприємства прийнято на загальних умовах оподаткування, підприємство є платником ПДВ за ставкою 20%.

ТАБЛИЦЯ 26 – ВИТРАТИ НА ТО ТА РЕМОНТ ТЕХНІКИ

Техніка	Витрати по роках, тис. грн/рік						
	0 рік	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-5 роки	6-23 роки	24-26 роки
ХТЗ-242К	-	137	137	137	137	137	137
John Deere 6930	-	235	235	235	235	235	235
MT3-892	-	24	24	24	24	24	24
John Deere 8360R	-	540	540	540	540	540	
Комбайн Claas Jaguar	-	-	-	-	435	435	435
Приставка HSAB's SRC Chipping Head	-	-	-	-	108	108	108
Борона БДВП-5,5	-	22	22	-	-	-	-
Цистерна РЗС-6	-	28	28	28	-	-	-
Обприскувач Харді Ренджер	-	39	39	39	-	-	-
Причеп 2ПТС-6	-	17	17	17	17	17	17
Розкидач добрив РУМ-8	-	5	5	-	-	-	-
Плуг KUHN-6 корп.	-	102	102	-	-	-	-

Культиватор КПС-8	-	-	18	18	-	-	-
Саджалка Egedal 4 рядн.	-	-	243	243	-	-	-
Фреза Celli Ranger 400	-	-	35	35	-	-	-
Лушильник ЛСД-3,7	-	-	24	24	-	-	-
Цистерна ВНЦ-20	-	-	34	34	34	34	-
Телескопічний навантажувач MF9407	-	-	-	-	97	97	97
Вантажівка МАЗ-6501В9-471-031 з причепом	-	-	-	-	349	349	349
Всього на інвестиційну діяльність	-	1149	1504	894	-	-	-
Всього на операційну діяльність	-	-	-	481	1977	1977	1403
ВСЬОГО	-	1149	1504	1376	1977	1977	1403

Простий термін окупності проекту за умови реалізації тріски на внутрішньому ринку складе 8,4 років або 4,4 років з моменту першого збору врожаю, за умови експорту – 6,8 або 2,8 років відповідно (табл. 27).

ТАБЛИЦЯ 27–ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ
ПРОЕКТУ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Показники	Величина	
Загальна площа насаджень, га	2400 (3 ділянки по 800 га)	
Приріст маси верби, т/га/рік	20 (12 – перший збір)	
Врожайність плантацій (при 3-річному циклі збору врожаю), т/га	60 (36 – перший збір)	
Щорічний валовий збір врожаю, тис. т/рік	48 (28,8 – перший збір)	
Інвестиційні витрати (за 4 роки), тис. грн, в т.ч.:	113 500*	
Експлуатаційні витрати, млн грн на рік	7,5	
Кредитні кошти (частка капітальних витрат)	60%	
Ставка по кредиту	7%	
Очікувана ціна продажу тріски, грн/т, без ПДВ	850	1300
Дохід від продажу тріски верби, млн грн на рік, з ПДВ	49,0 (29,4 – перший збір)	74,9 (44,9 – перший збір)
Простий термін окупності, років	8,4	6,8
Дисконтований термін окупності (ставка дисконту 5%), років	9,4	7,2
Внутрішня норма дохідності (IRR)	19%	28%

* - за умови, що інвестор уже має частину усієї необхідної техніки, що використовується ним для ведення поточної діяльності з вирощування с/г культур. "

НАЙКРАЩІ ПРИКЛАДИ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

У світі використовується багато енергетичних культур: наприклад, верба прутоподібна (*Salix viminalis*), тополя біла (*Populus alba*), осика (*Populus tremula*), сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita*), топінамбур (*Helianthus tuberosus*), троянда багатоквітова (*Rosa multiflora*), гірчак сахалінський (*Polygonum sachalinense*), різні види міскантусів тощо.

Серед усіх енергетичних рослин у світі саме вербу використовують як основну енергетичну культуру для виробництва твердого палива. Такий досвід мають Норвегія, Данія, Німеччина, Австрія, Польща, Англія та Ірландія. Найбільші успіхи в цій сфері демонструє Швеція. Тут плантації верби займають понад 20 тис. га, і з неї отримують сировину навіть для теплоцентралей.

Однією з умов використання біомаси енергетичних культур є екологічна сталість при їх вирощуванні та переробці. Задля контролю за дотриманням умови екологічної сталості розроблено відповідні стандарти. Серед інших, найбільш повним і всеохоплюючим на сьогоднішній день є стандарт NTA 8080, який регулює виробництво, переробку та використання біомаси.

На сьогодні в Україні є декілька компаній, що займаються вирощуванням енергетичних культур на комерційному рівні. Ще ряд компаній планують найближчим часом вийти на цей ринок.

Одна з українських компаній, яку було засновано в 2010 році, має найбільші за площею плантації енергетичної верби (*Salix Viminalis*), що розташовані у Волинській та Львівській областях (загалом 1700 га станом на 1 травня 2016 року). Це агроенергетична компанія, основним видом діяльності якої є вирощування енергетичних культур для виробництва теплової та електричної енергії. На сьогоднішній день компанія є лідером у Східній Європі в сегменті вирощування енергетичної верби. Компанія володіє повним науково-виробничим циклом, парком власної спеціалізованої техніки для підготовки, висадки та догляду за вербою, власним маточником нових ліцензійних шведських сортів з правом їх розповсюдження на території України. В 2013 р. компанія зареєструвала свій власний сорт "Марцияна".

Ще одна українська компанія володіє власним Центром вирощування енергетичної верби – сучасним інноваційним простором з вирощування енергетичних рослин. Центр здійснює операційну діяльність на ділянці площею в 600 га, розташованій на території Іванківського району Київської області. Дочірня компанія вирощує енергетичну вербу *Salix Viminalis* L. наступних сортів шведської селекції: Tora, Tordis, Inger.



Рисунок 32 – Ріст енергетичної верби через три місяці після посадки

У 2015 році було висаджено першу маточну плантацію загальною площею 50 га. У 2016 році, використовуючи саджанці, отримані з маточної плантації, було висаджено першу промислову плантацію, верба з якої в подальшому буде використовуватись для виробництва твердого біопалива у вигляді тріски або гранул з подальшим використанням для виробництва теплової енергії.

Навесні 2016 року пілотні посадки верби в трьох областях України (Закарпатській, Івано-Франківській та Полтавській) на загальній площі 15 га були здійснені в рамках Проекту ПРООН "Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій у муніципальному секторі в Україні". Робота була підтримана програмою малих грантів ПРООН. В подальшому планується висадження материнської плантації верби в одному з пілотних регіонів загальною площею 500 га.

В Україні також проводиться науково-дослідна робота щодо енергетичних культур. Чималий внесок у цей напрямок вносить Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Так, в Інституті ведеться робота з вивчення генофонду верби роду *Salix L.* різного еколого-географічного походження за характеристиками продуктивності, придатності до механізованого догляду і збору, енергетичної цінності. На дослідній ділянці Інституту висаджено 11 видів і 3 гібриди *Salix L.* Досліджуються питання врожайності цукрового сорго, міскантусу та інших культур. Підготовлено Атлас високопродуктивних біоенергетичних культур.

Іншою установою, яка активно працює в галузі, є Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого. Це провідна наукова установа в Україні в області випробувань, моніторингу та досліджень технологічних засобів для механізації технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві.





Програма розвитку ООН
Кловський узвіз, 1
Київ, 01021, Україна
Tel.: +38 044 253-9363
Fax.: +38 044 253-2607
www.ua.undp.org
www.bioenergy.in.ua