

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

06.04 – МКР. 2159 «С».26.04.2024. 2 ПЗ

**КОВАЛЬ ТЕТЯНИ РУСЛАНІВНИ**

**2024 р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ ТА  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнології та екології**

**ПОГОДЖЕНО**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Декан факультету

Завідувач кафедри

захисту рослин, біотехнологій та екології

екології агросфери та екологічного  
контролю

\_\_\_\_\_ Коломієць Ю.В.

\_\_\_\_\_ Наумовська О.І.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему:** «Перспективи використання енергетичних культур

в Україні»

Спеціальність 101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма «Охорона навколишнього середовища»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

доктор біолог. наук.

(наукова ступінь та вчене звання)

Гайченко Віталій Андрійович

(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

к. с.-г. наук, доцент

(наукова ступінь та вчене звання)

Сербенюк Ганна Анатоліївна

(ПІБ)

**Виконала**

Коваль Тетяна Русланівна

(підпис)

(ПІБ)

**Київ-2024**

Національний університет біоресурсів  
і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнології та екології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Наумовська О.І.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ

**Коваль Тетяни Русланівни**

(прізвище, ім'я, та по батькові)

Спеціальність 101 «Екологія»

(код і назва)

Освітня програма «Охорона навколишнього середовища»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Перспективи використання енергетичних культур в Україні»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» квітня 2024р. №2659 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2024 р. листопад 28

(рік, місяць, число)

Вихідні дані для магістерської кваліфікаційної роботи: законодавчі акти та стандарти, навчальна та наукова література, звіти та офіційні статистичні дані, міжнародні статичні дані, публікації наукових установ, власні спостереження та дослідження.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Проаналізувати інформацію згідно теми дослідження, використовуючи сучасну літературу, інтернет-ресурси, різні наукові публікації;

2. Розглянути питання перспективи використання енергетичних культур в розвитку біоенергетики в Україні;
3. Розглянути питання використання біомаси для виробництва енергії;
4. Провести екологічну оцінку технології вирощування енергетичної верби;
5. Розрахувати вихід твердого біопалива та його теплопровідність;
6. Розробити рекомендації для вирощування енергетичної верби.

Перелік графічного матеріалу: містить 37 рисунків, 8 таблиць

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

### **Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

**к. с.-г. наук, доцент**

(наукова ступінь та вчене звання)

(підпис)

**Сербенюк Г.А**

(прізвище та ініціали)

**Завдання прийняла до виконання**

(підпис)

**Коваль Т.Р.**

(прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

Випускна магістерська кваліфікаційна робота «Перспективи використання енергетичних культур» викладена на 79 сторінках машинописного тексту, складається із 4 розділів, містить 8 таблиць, 36 рисунків. Список використаних джерел нараховує 58 джерел інформації з них 1 джерело інформації іноземного характеру

**Мета:** провести аналіз перспективи використання енергетичних культур в Україні.

### **Завдання:**

1. Проаналізувати інформацію згідно теми дослідження, використовуючи сучасну літературу, інтернет-ресурси, різні наукові публікації;
2. Розглянути питання перспективи використання енергетичних культур в розвитку біоенергетики в Україні;
3. Розглянути питання використання біомаси для виробництва енергії;
4. Провести екологічну оцінку технології вирощування енергетичної верби;
5. Розрахувати вихід твердого біопалива та його теплопровідність;
6. Розробити рекомендації для вирощування енергетичної верби.

**Об'єкт дослідження:** вихід твердого біопалива та теплопровідність.

**Предмет дослідження:** біоенергетичні культури: рід енергетичної верби *Salix* – верба тритичинкова, верба прутовидна.

**Методика:** В роботі використовували загальнонаукові та спеціальні методи: польовий – для визначення як взаємодіють предмет вивчення з фактори в природі (біотичними та абіотичними), вимірювально-ваговий метод – для визначення структурних показників енергетичної культури; розрахунковий – для розрахунку виходу твердого біопалив.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** біоенергетичні культури, біопаливо, енергетична верба, вихід біопалива, теплопровідність, біомаса.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ</b>	
<b>БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ.....</b>	<b>4</b>
1.1. Біоенергетичні культури та їх види .....	4
1.2. Досвід вирощування енергетичних культур в Україні .....	12
1.3. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні.....	19
1.4. Світовий досвід з використання біоенергетичних культур.....	23
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>29</b>
2.1. Загальні відомості про господарство .....	29
2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови проведення дослідження .....	30
2.3. Умови проведення польового дослідження .....	37
2.4. Методи дослідження.....	43
<b>РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ДЛЯ ВИРОБНИТЦВА</b>	
<b>ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ .....</b>	<b>45</b>
3.1. Характеристика біомаси як палива: переваги та недоліки .....	45
3.2. Біомаса як джерело теплової енергії.....	49
3.3. Використання енергетичних культур для виробництва біопалива .....	54
3.4. Біомаса як об'єкт альтернативної сировини та методи перетворення її на паливо .....	58
3.5. Переваги та недоліки застосування біомаси, як сировини як альтернативного палива .....	62
<b>РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР</b>	<b>65</b>
4.1. Визначення структурних елементів та врожайності біоенергетичних культур .....	65
4.2. Розрахунок виходу твердого біопалива та його теплопровідної здатності .....	73
4.3. Рекомендації щодо вирощування енергетичних культур .....	76
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>78</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>81</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>87</b>

## ВСТУП

Зростання цін на енергоресурси та погіршення стану навколишнього середовища через підвищене споживання викопного палива змушують людство шукати альтернативні шляхи для задоволення своїх енергетичних потреб. Використання біологічної маси для отримання енергії стає одним із ключових напрямів у забезпеченні стабільності та екологічної безпеки енергетичного сектора. Одним із найважливіших джерел біомаси є аграрний комплекс, де щороку з кожного поля можна отримувати два види врожаїв: продовольчий і енергетичний. Це відкриває значні можливості для збільшення енергетичної незалежності, не знижуючи обсягів продовольчого виробництва.

Зі зростанням обсягів виробництва біопалива уряди багатьох країн приймають політичні та регуляторні рішення, спрямовані на підтримку розвитку поновлюваних джерел енергії, зокрема непродовольчої біомаси. На тлі поступової відмови від традиційних паливних ресурсів, енергетична біомаса стає одним із найдинамічніших елементів глобального енергетичного ринку, що може забезпечити стійке енергетичне майбутнє.

Енергетичні культури можуть бути перетворені на біогаз, біодизель, біостанол та інші види біопалива, що забезпечує широкий спектр енергетичних застосувань. Це робить біомасу ефективною альтернативою традиційним паливним ресурсам, яка може суттєво знизити залежність від імпорту палива, сприяти розвитку місцевої економіки і створити нові робочі місця, а також допоможе знизити рівень викидів парникових газів, що спричиняють кліматичні зміни.

Використання біомаси також надає можливість для зменшення відходів, оскільки багато матеріалів, які сьогодні вважаються відходами (наприклад, сільськогосподарські рештки, деревина, харчові залишки), можуть бути перетворені на біоенергію. Таким чином, біомаса має потенціал стати ключовим елементом у глобальній стратегії переходу до сталих і чистих енергетичних рішень у XXI столітті.

## **РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

Зелена енергетика (біоенергетика) це альтернативна енергія, яка створена на основі використання біоорганічного палива – біомаси. Так само біомаса – являється відновлювальною речовиною, що має органічне походження та включає в себе такі відходи як сільського, лісового господарств також побутові [16].

В наші дні біоенергетика стала займати провідне місце у відновлювальній енергетиці, заміщуючи викопні палива та скорочуючи викиди в атмосферне повітря. Для України біоенергетика виступає досить перспективною діяльністю, та одним із вирішальних напрямків в розвитку відновлювальної енергетики, оскільки країна є залежною від імпортової енергії, насамперед від природного газу, враховуючи значний потенціал біомаси, яка доступна для виробництва відновлювальної енергії [39].

В агросекторі, розвиток відновлювальної енергії, як біоенергетики, є одним із розвиваючих, стратегічних напрямків для нашої держави. Проте на жаль біоенергетичний розвиток України має значну відстань від європейського розвитку. В Україні щороку, для вироблення енергії, вживається майже 2 млн. тонн палива на рік, чистої різноманітної за власним походженням біомаси [16].

Сьогодні біоенергетика становить приблизно 60% у світі всієї відновлювальної енергії, в Україні відсоток даної енергії приблизний - 70%. А отже біоенергетика є невід'ємною частиною для зеленої економіки нашої країни [27].

### **1.1. Біоенергетичні культури та їх види**

Біоенергетичні культури вони ж звичайні енергетичні культурні рослини, які вирощуються для спеціального застосування у вигляді біопалива, та для подальшого використання як біоенергію. До таких рослин відносять як швидкоростучі дерева це павловнії, верби та тополі – їх різновиди, також такі рослини як сорго і міскант.

Культивування енергетичних культур значно розвилось в більшості країн світу. Беручи до уваги Німеччину, площі з біоенергетичними культурами займають приблизно 2,1 млн га, що становлять 12,5 % від загальних земель сільськогосподарського значення, які використовуються країною.

Сорго, світчграс та міскант та інші культури які стали значно відомими серед вітчизняних фермерів та аграріїв, то така культура як павловнія маловідома, хоча останні роки її стали вирощувати й в Україні [39].

Сьогодні вільно нараховується приблизно двадцять видів швидкорослих культур, які вирощуються для біомаси: тополя, міскантус, просо, евкالیпт, верба, очерет, артишок іспанський та інші. З біомаси цих рослин виробляють тепло, а також електроенергію використовуючи у вигляді тирси для згоряння, сировини для вироблення твердих біопалив – брикети та паливні гранули [25].

Для енергетичних культур притаманні такі переваги:

- За вирощування біоенергетичних культур є можливість задіяти у культиваціях непродуктивних земельних угідь, також і низькопродуктивних;
  - З часом дані культури відновлюють не продуктивні землі;
  - Допомагають зупинити ерозію та збіднення ґрунту;
  - Скорочення вирубки лісів, пралісів;
  - Можуть заміщувати такі викопні палива як вугілля та газ;
  - За спалювання біологічного палива, джерелом якого є рослини, в атмосферне повітря викидається менша кількість діоксиду вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), ніж під час поглинання рослинами у фотосинтезуальному процесі, в перебізі якого утворюється приблизно в 30 разів менше  $\text{SO}_2$  (діоксиду сірки), та в декілька разів менша кількість золи порівняно з викопним вугіллям;
- При згорянні біопалива утворюється побічна продукція – органічна речовина, вона ж використовується як добриво;
- Культивування енергетичних культур, виробництво та застосування біопалива дає можливість створити додаткові місця працевлаштування для

селян, а також є джерелом прибутку, зокрема для населення сільської місцевості, де значно не вистачає роботи;

- Використання біоенергетичних рослин має досить низьку собівартість біомаси [25].

Біоенергетичні культури вважаються кращими для альтернативної енергетики, адже мають здатність перетворювати сонячну енергію в біомасу, що має високий потенціал енергії, на не продуктивних угіддях, ці рослини досить добре зростають, тим самим, вони відроджують ґрунти та відвертають ерозію, не мають завищених умов до зростання, не вимагають значного догляду та витрат, стійкі до морозів та посухи, добре абсорбують вуглекислий газ з атмосферного повітря, а також важких металів із ґрунтів [25].

В Україні застосування подібних культур значно вигідно для економіки, а також має свою перспективу, оскільки:

- За культивування біоенергетичних рослин на пустуючих землях, кількість сільськогосподарських культур не зменшується, відповідно надходження фінансів у бюджет держави від подальшого їх втілення;
- Можуть не потребувати витрат на вирощування, користуються низькою собівартість біологічного палива;
- Здатні до високої тепловіддачі, що є не тільки чисто екологічно, а й все-таки економічно доцільно альтернативою для природного газу та вугілля;
- Під час згоряння побічним продуктом виступає органічні добрива, які застосовуються для сільськогосподарських культурних рослин;
- Створюються додаткові робочі місця для селян;
- Для місцевого та державного бюджету, є хорошим джерелом доходу [6].

Варто відзначити, сьогодні як в Україні, так і в Європейських країнах створено спеціальні найбагатші генофонди біоенергетичних рослин, які можна прокласифікувати за різними напрямками у використанні [12].

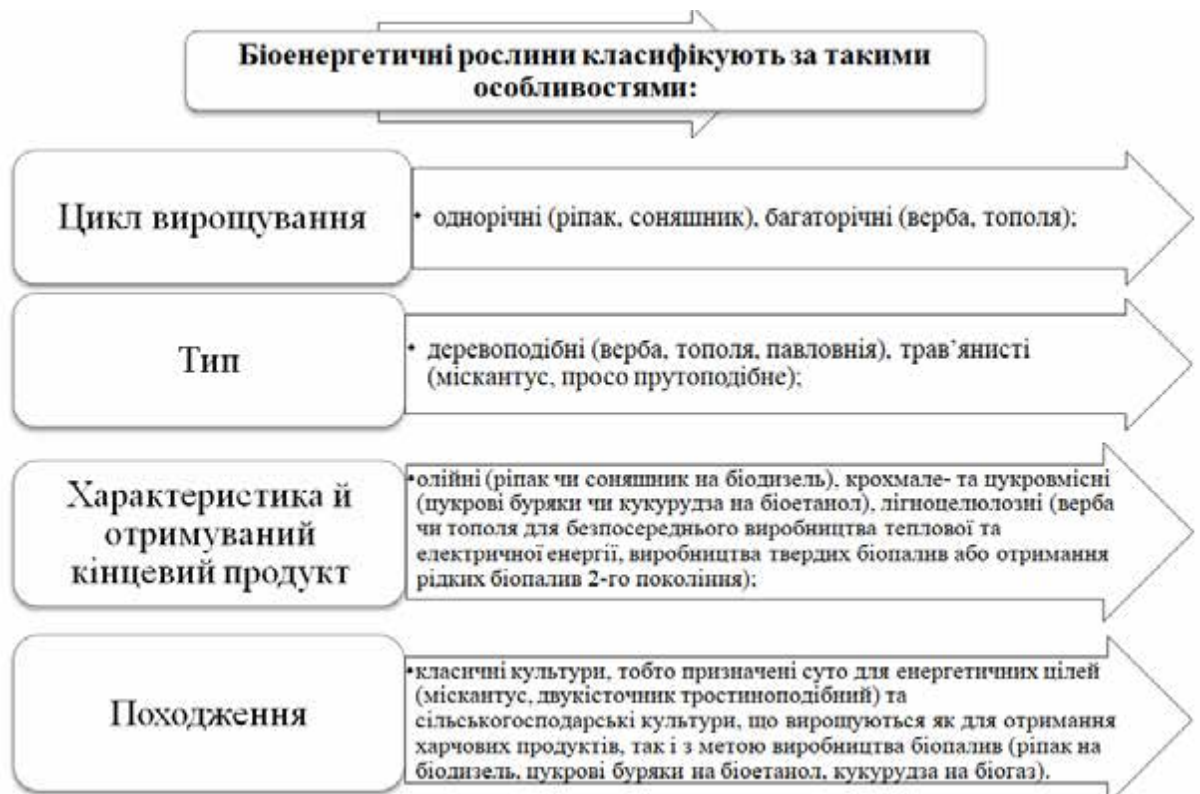
Поряд з такими рослинами як інтродуценти та малопоширеними культурними рослинами, значне місце в наведеному переліку посідають форми,

гібриди, а також сорти багатьох біоенергетичних рослин, як були створенні за основ селекційних та біологічних технологій процесів [12].

Велика різноманітність біоенергетичних культур дає змогу виготовити будь-яке за видом біопалива не застосовуючи 1 або 2 культури, культивування яких може призвести до кардинальних негативних змін в сівозмінах та екологічного балансу в агроценозах, а з застосування досить різного рослинного набору [12].

Для культивування на розгляд можна винести асортимент культур, які являють собою різні рослинні родини та застосування яких у чергуванні культур або які не будуть становити загрозу для природного довкілля [12].

Оскільки біоенергетичні культури, є особливо вирощуванні рослини, які застосовуються для біологічного палива, а також виготовляють з них біопаливо. Для них існує класифікація, розподіляючи за певними особливостями згідно рис. 1.1. [33].



*Рис. 1.1. Особливості класифікації біоенергетичних рослин [33]*

Наведені групи культур не мають потреби в особливих затрат для матеріально-технічної бази, на виготовлення сировини, їх можна багаторазово

скошувати під час періоду вегетації, для них притаманна висока здатність до насінного розмноження або вегетативно, стійкі до шкідників, різних захворювань та небажаної рослинності (бур'яни), також досить ефективні в економіці [7].

При основі культивування різновидності культури та гібридів з високою продуктивністю сформовано конвеєр, який дозволяє завдяки різночасним рослин, які достигли достигання продовжити строк застосування біосировини, щоб виготовити певний вид палива – від початку та кінця вегетації, а також в пізньоосінні та зимні строки [12].

Значна перевага присвоюється багаторічним культурам в яких у визначений час продуктивної довгої тривалості життя на 10-20 років, які мають здатність рости не тільки на полях сівозмін з викою родючістю, але й на землях, які не є придатними для культивування більшості відомих сільськогосподарських культур, особливо продовольчих [12].

Багаторічники (багаторічні трави) мають обширне використання як кормових рослин і в тодішніх роках зробили значний внесок в енергетичне забезпечення господарств. В середині 1980 років почала зростати зацікавленість в багаторічних травах як вид енергетичних рослин завдяки низці сьогоденішніх способів перетворення енергії [2].

Наразі застосування енергії з біологічного маси в Україні перебуває ще в зародженні, проте умови для її розвитку – сприятливі (клімат, можливості аграрного відділу, робоча сила та площа).

Аналізуючи біологічні ресурси, які використовуються для біопалива в нашій державі має значний потенціал. Сьогодні в українській державі створена велика колекція нових культур та малопоширених біоенергетичних рослин, які вирощувались для виготовлення біопалива, до якої входить приблизно 200 таксонів, вони за своїм потенціалом енергії можуть забезпечити досить значний вихід умовної енергії та палива [7].

Варто звернути увагу на ось такі види енергетичних культур, які мають передумови до успішного розвитку вирощування в Україні.

**Міскантус.** Вважається однією з основних енергетичних культур, яка відноситься до багаторічних (Рис 1.2.).

Коли міскантус висаджується одноразово, його можна щорічно збирати протягом 15 років та більше маючи середню врожайність порядком 10 сухостійної т/га. Вона досить не вибаглива до води, потребує невелику її кількість, відповідно роковій кількості опадів близько врівні до 700 мм [9].

Завдяки гарній врожайності сухої біологічної маси (близько 25т/га), підвищеної теплопровідності (18 МДж/кг), з низької вологості стебел рослини під час збирання культури (близько 25%), міскант є більш ефективним, якщо його порівнювати з іншими видами культур сільського господарства для виготовлення альтернативного твердого біологічного палива. Варто звернути увагу, що 1т висхлої біологічної маси культури місканту відповідає 400 кілограмам викопної нафти, деревна маса у вигляді 1,7 тонни еквівалентна масі викопаного природного газу у вигляді 515 м<sup>3</sup>, або ж 620 кілограм кам'яного вугілля [35].



*Рис. 1.2. Міскантус [12]*

**Сорго.** Відноситься як однорічних, так і багаторічних видів енергетичних культур (Рис.1.3.). Вона теплолюбна та стійка до посухи. Сорго не рідко використовується як фуражна культурна рослина, оскільки нею можна замінити кукурудзу, яка є джерелом для виготовлення біоетанолу, або ж паперу.

В останні роки культура стала більш популярною культурою, завдяки своїй стійкості до посухи та стабільності для експорту. До ґрунту вона

маловибаглива. Врожайність сорго значно вища коли його вирощують піщаних і засолених ґрунтових землях у посушливих місцях та на чорноземах які відносяться до легких, та ґрунти які є важкими глинистими, порівняно з врожайністю інших кормових сільськогосподарських культур [8].

В Україні сьогодні відомо два види сорго – звичайне (*S. bilocor*) та сорго трав'янисте (*S. sudanense*) [8].



*Рис. 1.3. Плянґація цукрового сорго[34]*

**Павловнія.** Це листяне швидкоросле дерево (рис.1.4.), батьківщиною якої є Японія [8]. Павловнія вирощується на занедбаних ґрунтах, які мають здатність до ерозій. Завдяки своїй унікальності вона здатна за 6 років досягати в рості до 20 м, а діаметр самого стовбуру – до 30 см [37].

Дане швидкоросле дерево володіє однією цікавою особливістю, дерево висаджується лише один раз і використовувати його можливо до 60 років, оскільки після кожного раз як дерево зрізується воно заново виростає. Ще одною корисною особливістю є те що коріння дерева здатне очищати ґрунт від важких металів, а листя можна застосовувати як корм для тварин, адже на смак воно як люцерна [37].



*Рис. 1.4. Плантація павловнії [4]*

**Верба прутовидна.** Вона вирощується як енергетична рослина та як фітомеліоративна рослина (Рис.1.5.). Верба зростає як кущ або може набувати вигляд дерева, її висота може становити до 5 м. В основному верба прутовидна застосовується в енергетичних цілях, як цінний ресурс для виготовлення альтернативного джерела енергії. Культура є швидкорослою, при вирощуванні вона легко укорінюється в ґрунті. Щодо ґрунту вона не вибаглива, проте не зростає на заболочених або ґрунтах в яких ґрунтові води близько до поверхні. До зимових морозів та посухи стійка. Врожайність рослини коливається від 10 тонн до 30 т на 1 га за один рік.



*Рис 1.5. Верба прутовидна [20]*

Енергетичні культурні рослини з погляду екології є більш безпечними для навколишнього середовища, вони як енергетично, так і економічно мають високу ефективність, оскільки здатні удосконалити не лише агрономічні, а й

біологічні показники ґрунтової системи, і зменшити відсоток обсягу вуглекислого газу в повітрі. Ці рослини можуть давати можливість запобігти ерозії, як вже вказувалось, захистити поверхню ґрунту від вивітрювання, перегрівання від сонячних променів більший строк, коли не можуть вегетувати звичні культури, з високими здатностями до фотосинтезу. Запропоновані рослини є виключно стійкими до посухи та зимових морозів, адаптацією, стійкістю до паразитів, грибків та хвороб, не бажаної рослинності та шкідників. Все це дає нагоду зменшити використання пестицидів в агроценозів, через що зменшується пестицидне навантаження, надасть екологічний баланс в довкіллі, і до того ж ще зменшить ціни собівартості виготовленого біопалива [24].

Рослинні ресурси можна покращувати для застосування як ресурс для палива завдяки використанню селекції. Саме відділ ботанічного саду імені Гришка – відділ нових культурних рослин, є лідером в Україні центром селекції, який займається створенням сортів культур які мають високу адаптацію за різним напрямком застосування. З обсягу найбільш перспективних енергетичних культур цукроносних культур сформовано важливий генофонд – 10 зразків пальчастого проса, 15 зразків – цукрового сорго, 7 зразків міскантуса, та 5 зразків проса дрогоподібного. Вони характеризуються високою швидкістю стиглості, стійкістю до посухи, підвищеною врожайністю насіння, збільшеним вмістом вуглеводів в самому насінні, або ж в надземній масі та появи біоетанолу. Цукроносні культури здатні забезпечити для України значний продуктивний потенціал, а також сам вихід біологічного етанолу з одної частини площі зрівнюючи зі звичайними культурами як картопля, цукровий буряк, пшениця [24].

## **1.2. Досвід вирощування енергетичних культур в Україні**

В наші дні актуальним питання постає імпорту палива, а саме природний газ та нафта, а також пошук нового – альтернативного палива беручи до уваги питання розв'язку екологічних проблем.

Для всіх відомо, що через декілька років, можливо 5-6, запаси нафти та її добування може скоротитися на 65%, а потреба в ній навпаки – збільшитися.

Подібна ситуація стосується і використання природного газу, якого вистачить на 60 років. Враховуючи це залучення нових нетрадиційних джерел енергетики стає все більшою потребою.

Український земельний фонд, що складає площу в 60,3 млн гектари, що є 6-ма % від земель Європи. Від загального земельного фонду, угіддя які призначені для сільськогосподарського користування становить 42 млн гектари, що займають 70% загального фонду [1].

Проте серед призначених земель у використанні сільського господарства, частка їхня вважається малородюча, а саме 4 млн гектарів. Ці землі наразі розпайовані, однак вести господарство на них, як вирощування сільськогосподарських культур. На подібних землях, буде ліпше вирощувати біоенергетичні культури як от енергетичні верби, міскантус, тополі. Культивация подібних культур досить розвинуто в Європейських країнах – для більшості фермерів це прибуткова справа, також спосіб покращення стану ґрунту, для місцевого самоврядування це оплата оренди, нові робочі місця, незалежність від енергії й поліпшення екологічного стану. За вирощування енергокультур в ЄС було створено прогноз в якому до 2020 року площі земель зростуть до 20,5 млн гектарів, які призначені для енергокультур, а через ще десять років – 2030 р. – зростуть до 26,2 млн. га. [22].

В Україні галузь сільськогосподарських енергокультур наразі лише зароджується, оскільки цими культурами висаджено на площах в 4000 га на малопродуктивних та так званих деградованих землях. В основному це, як відомо енергетична верба тополя й міскантус, щорічна врожайність яких становить 20 тонн на гектар [22]. На сьогоднішній рік загальна площа енергетичних культур в Україні займає 3,337 га рис. 1.6.

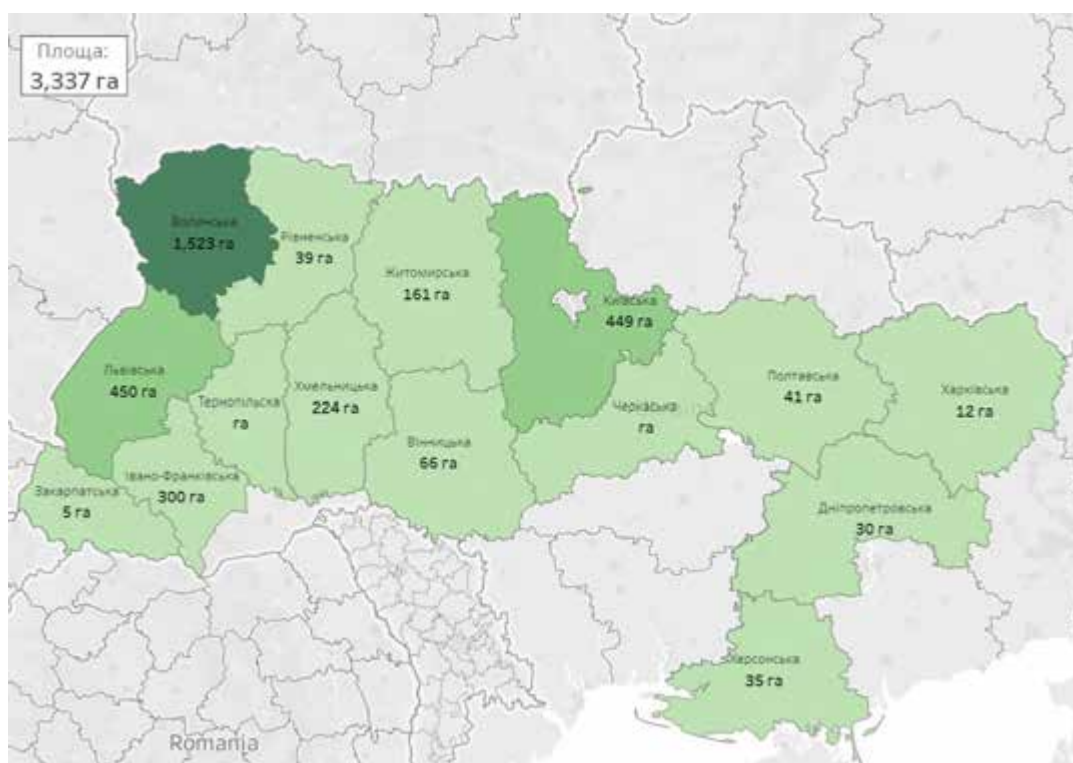


Рис. 1.6. Площі енергетичних культур в Україні станом на 2024 рік [23]

За інформацією ПРООН, яку вони отримали з своєї навчальною поїздкою, показує, що досить прибутково вирощувати такі рослини як міскантус, верба, тополя на землях України як показує досвід у їх вирощуванні [22].

Беручи до уваги таку рослину як міскант, яка в протязі довгих років вирощувалася в США і Західній Європі, як основа для виготовлення біоенергетичної сировини, то її досвід в культивуванні на території України, говорить про те, що завдяки закультивованим кореневищем рослин полів, через 2 роки, протягом двадцяти наступних - ймовірно буде можливість зібрати врожай у сухій масі від 20 до 25 т з одного гектару поля. Собівартість маси якої, становить в середній ціні близько 220 грн. за тонну [22].

Найкращий досвід у вирощуванні міскантуса не тільки в Україні, а й зарубіжом має біоенергетична компанія «Енерго-Агро». Вирощувати дану енергетичну культуру компанія почала ще у 2009 році. Спочатку не все було вдало, проте вже який рік вона збирає гарний врожай культури, покупцями якої стали Німеччина та Швейцарія [53].

До вирощування міскантусу, компанія була в пошуках інших варіантів виготовлення палетів як палива. Спочатку була ідея використання палетів із

деревних відходів, але почувши новину що до лісу їх не допустять, компанія почала думати над соломою, лушпинням соняшника. Але зрештою вони зупинилися на вирощуванні біоенергетичних культур. Їх вибір пав на такі культури як верба та міскантус. Вони зупинились на культурі міскантус, оскільки він має меншу зарегульованість та меншу курпційність у сфері сільського господарства [53].

Перед вирощуванням міскантусу, «Енерго-Агро» збирала інформацію про цю біоенергетичну рослину по крупинках. В першу чергу вони звернулись до Інституту енергетичних культур та цукрового буряка. Окрім України, вони також звертались до Угорщини Польщі та Австрії. Посадковий матеріал міскантусу вони завезли з Європи [53].

Оскільки міскантус можна вирощувати як восени, так і навесні, компанія не може оприділитися по цих пір, проте все-таки набагато зручніше весною. Посадка міскантусу вже давно стала механізовано. У висаджені міскантусу «Енерго-Агро» використовує спеціальну машину посадок розсади, яка була зроблена Інститутом енергетичних культур та цукрового буряка, а компанія її вдосконалила. Продуктивність подібної посадки міскантусу становить до 6 га за день [53].

При висаджені та вирощуванні культури, після проведення безліч експериментів, більш кращою шириною для міжрядка є 75 см, мінімальною густотою для висадки є 1 м на 1 м, це допомагає попередити забур'яненість в місцях прогалін. Оскільки саме бур'яни – є значною проблемою при вирощуванні міскантусу. За кілька років міскантус розростається, і це не дозволяє бур'янові проростати [53].

Догляд за культурою в основному передбачає застосування гербіцидів проти бур'янів, а удобрення таке ж як і для підживлення кукурудзи [53].

Тополю вважають близькою родичкою верби. Завдяки помірно-континентальному клімату на території України тополя досить швидко росте. Умови її зростання схожі на вербу, вона потребує достатньо світла та вологи, саме тому оптимальними місцями її вирощування є в долинах річок. Деревина

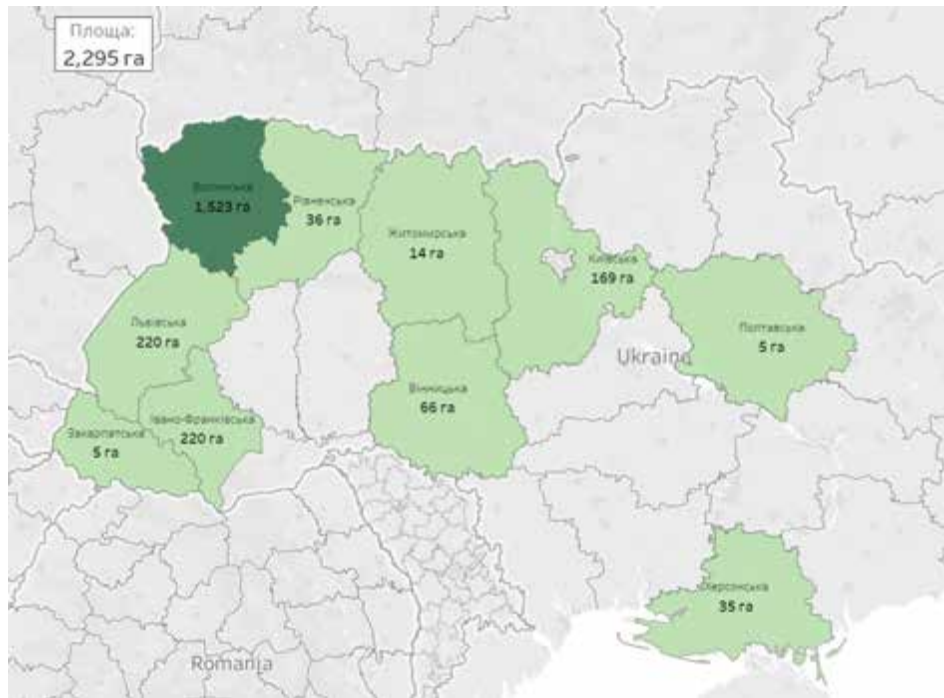
тополі у розмірі 4 куб. м може замінити 1000 куб. м газу. В такому випадку тополеве біопаливо обходиться значно дешевше Україні [14].

Маса сухої біомаси яка виходить з-за вирощування тополі на промислових ділянках спеціально для її вирощування, становить від 6 тонн до 12 тонн на один гектар. Тополі що були висаджені можуть залишатися продуктивними близько 20 років та більше [14].

Саджанці відомої всім енергетичної верби можна придбати на території України, на один гектар потрібно приблизно тисяч 15 саджанців даної рослини. Наприклад для вирощування на неродючих ґрунтах варто підбирати шведські саджанці, оскільки вони стійкі до хвороб. Проте польські саджанці верби значно дешевші, коштовність якої копійок 35, за одну. Спеціалісти стверджують, що для отримання гарного врожаю верби, варто додержуватися методу вирощування цієї культури. Перед посадкою ґрунт для верби підготовлюється так само як і для посадки овочевих культурних рослин, для цього глибоко орається, ущільнюється, а де необхідно – удобрюється добривами [22].

В наші дні енергетичну вербу вигідно культивувати біля місць її перероблення, застосування у власному виробництві, наприклад для того, щоб зігріти приміщення та теплиці, для сушіння самої рослини. В такому випадку енергетична верба не підпадає під сумнів. Проте перевезення цієї сировини фінансово не приваблює. До того ж для отримання енергетичної сировини з верби, її варто висушувати, але котлів для такої справи, що здатні працювати з біомасою з вологою 55%, надто мало [22].

Енергетична верба як енергетична культура має значну кількість переваг для вирощування в Україні, для ведення власного малого бізнесу з вирощування енергокультур. Станом на 2024 рік загальна площа плантацій енергетичної верби нараховує 2,295 га рис.1.7..



*Рис. 1.7. Площі вирощування енергетичної верби в Україні станом на 2024 рік [23]*

Варто звернути увагу на досвід вирощування верби агроенергетичною компанією Salix Energy, яка є частиною української біоенергетичної спілки. Саме ця компанія має найбільші площі верби в Європі. Вирощуванням цієї рослини, Salix Energy стала займатися ще з 2010 року, з верби вони виготовляють дерев'яну тріску, яка є джерелом для вироблення енергії тепла. Наразі площа енергетичної верби сягає близько 1800 га (рис.1.8.) [18].



*Рис. 1.8. Плантація енергетичної верби компанії Salix Energy [43]*

Енергетична верба є як вже відомо не надто вибаглива культура. Щоб культура могла оптимально розвиватися, її варто вирощувати на ґрунтах, що

мають підвищену кислотність (рН 5-7), температуру повітря у 20°C під час вегетації та річну кількість опадів в 550 – 1000 мм на рік. Саме ці наведені кліматичні та ґрунтові умови поширені в Україні. Тому враховуючи клімат, який притаманний для України найкраще вирощувати прутівидну вербу, яка є найбільш продуктивною у сфері виготовлення біоенергії [18].

Salix Energy висаджує верби на плантації, даючи їй три роки для росту, а потім можна збирати перший врожай, до того ж його збирати можна кожні 3 роки [18].

Для отримання тріски, яку використовують як теплове біопаливо, плантації верби варто розширювати, засаджувати варто частину таких площ – близько третю частину цих площ. Окрім цього варто брати до уваги норму для висадок саджанців культури. Salix Energy в посадках висаджує найбільшу кількість саджанців - 15 тисяч на один гектар поля, при цьому враховують густоту висадження, яка залежить від клімату на території висадження культури [18].

Для розпочинання бізнесу із вирощування енергетичної верби, її перероблення на біопаливо, в загальному потрібно близько 1000 євро на гектар. Окупитися, за внесені інвестиції, можливо за перший врожай верби, у разі висаджені культури в 30 га або більше. Якщо ж менше, проєкт можливо окупити у 2 комерційних зрізи, тобто аж через 6 років. З 1 гектара поля висадженої енергетичної верби можна отримати 20 тонн врожаю за один рік [18].

Зовсім нещодавно українська підприємство «Павловнія груп Україна», розпочала розводити відоме всім дерево як Павловнія, а саме її вид Paulownia Clone in Vitro 112. Вона є новим виведеним людиною, стійка до екстремальних умов, та з високо калорійністю (4211,06 ккал/кг) видом для використання як альтернативне паливо, приблизно можна прирівняти як 2 кг рослини – 1 л дизелю [17].

Культивація енергетичних рослин, здебільшого залежить від землі, проте ще варто врахувати ще одне питання, що потрібно задовольнити попит на

продукти та поєднувати їх із захистом довкілля, управлінням таких ресурсів як ґрунтів та води, яке має бути сталим та іншими вимогами до сталості [18].

Не зважаючи на успішний бізнес з вирощування енергетичних культур в Україні, існують деякі проблеми, які мають бути розв'язані.

Сьогодні енергетична верба, як одна із популярних енергетичних із культур введена в класифікацію як технічна культура, проте культура такі як міскантус та інші відомі енергетичні культури, які також популярні в біоенергетичному бізнесі в класифікуючому списку відсутні. Це постає проблемою та може викликати складнощі як в юридичній сфері, так і в підприємницькій діяльності виробників у вирощуванні цих рослин.

До того ж часто компанії виробники енергетичних культур стикаються з обов'язком сплачування непрямого податку під час укладання угоди з інвесторами, навіть на той час коли в них відсутня продукція. Дану проблема можна описати як так, що саджанці, вирощуванням яких займається підприємство для власного користування на своїх же полях, з погляду податкового законодавства береться до розгляду як продукція.

До таких проблем з виробництвом енергетичних культур, виробник не є «сільгоспвиробником», він не має права на певні пільги, наприклад з оренди аграрної техніки, поки не зробив продаж своєї першої продукції. З урахуванням, що врожайність верб та тополь можливо збирати кожні 3 або 4 роки, цей час до першого продажу може бути досить довгим.

### **1.3. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні**

Досвід Європи показує, що енергетика яка виробляється з біомаси та інакші альтернативні види джерел енергії, беруть участь в балансі енергетики. За інформацією Біоенергетичної асоціації України, Європейський союз сьогодні постачає 15% енергії. Для України біоенергетична частка доволі низька порівняно з часткою ЄС, коли на ринку європейська біоенергетика займає близько 20%, а для України даний показник значно нижчий – 5%. Але для задоволення всі потреб населення потенційна альтернативна енергія здатна до цього.

Біоенергетика вважається одним із добре обдуманих шляхів розвитку аграрної галузі в Україні. Оскільки Україна має значно розвинутий аграрний сектор, то вона має великий потенціал щодо біоенергетики, адже близько 90% сировини для альтернативного палива може надати саме агросектор [19].

Сьогодні в Україні є створена спілка, яка займається розвитком галузі біоенергетики – Біоенергетична асоціація України (UABIO). Ця організація сприяє росту аграрної галузі, як-от перероблення, та зменшення обтяження логістики. UABIO об'єднала в собі охочих експертів, в галузі біоенергетики та сам бізнес [19].

Враховуючи унікальний клімат – помірно-континентальний, та природні ресурси, Україна відриває для себе широкий ринок для забезпечення вироблення енергії та досягнення екологічної мети [33].

Україна є власницею значного ресурсу біомаси, яка є відкрита у використанні в енергетиці. До ресурсів біологічної маси можна віднести сільськогосподарські відходи та культури, які вирощуються спеціально для альтернативного палива. Звертаючи увагу на самі відходи у сільському господарстві, їх можна вважати як реальною часткою, яку можна використати у виробленні альтернативної енергії. Самі енергетичні рослини, вважаються як «віртуальна» частка потенціалу, оскільки їх вирощуванням займалась практично не так часто в Україні [20].

За думкою вчених саме відходи та залишки в сільськогосподарської продукції відіграють важливу роль в майбутньому біоенергетики як в Україні, так і в ЄС. Проте на жаль питанню залишків та відходів рослинної продукції в сільському господарстві не приділено достатньо уваги розрахунку щодо часток відходів, які можна використати для вироблення енергії та використання у господарстві. Саме ця проблема не дає розвиватися далі біоенергетиці в якій можна використовувати відходи та залишки сільськогосподарської продукції [45].

На кількість залишків та відходів сільськогосподарської продукції впливає такий фактор як площа поля де вирощувалася культура, валовий збір та

отримана врожайність від культури. Відходи в сільському господарстві зазвичай складають зернову солому, залишки від культур кукурудзи та соняшнику (рис.1.9.) [45].

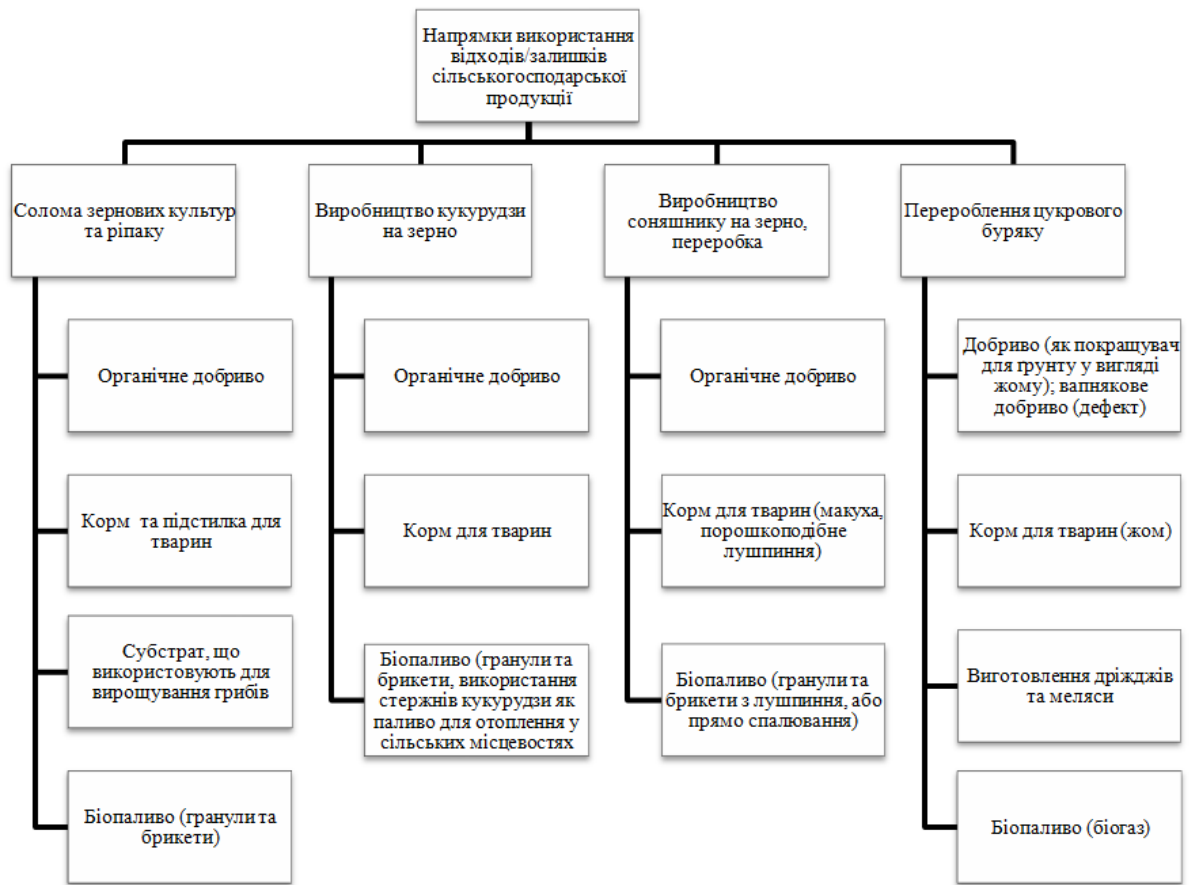


Рис.1.9. Напрямки використання відходів енергетичних культур[3]

Оцінюючи економічну належність вироблення енергії з сільськогосподарських залишків та відходів, значну роль грає їх зосередження в певному регіоні та можливі наявні місця для їх перероблення. Серед Українських областей найбільша кількість біомаси утворюється в таких регіонах як центральний, південна та південно-східні області, саме в регіонах де найбільш сприятливо вирощувати культури. Наведені області мають досить високий потенціал в первинній переробці сільськогосподарських відходів. Енергетичні установи рекомендовано встановлювати в тих областях, в яких високий рівень щільності біомаси, а також для уникнення витрат на транспорт [21].

На величину потенціалу біологічної маси впливає кількість отриманого врожаю сільськогосподарських рослин. Наприклад беручи до уваги 2018 рік, на

той рік врожайність мала низький показник, за яким економічний ресурс склав – 28 млн т у. п., коли в наступному році - 2019, при більш високій врожайності, даний потенціал склав собою вже 34 млн т у. п. [56].

Україна має потенціал у виробленні біогазу, але наразі використовується лише 5% цього потенціалу. Водночас, ринок ЄС біогазових механізмів можна оцінити в 3 мільярди доларів, і він може зрости до 25 мільярдів вже в 2025 році. Біогаз є різновидом альтернативного палива, яке виробляється анаеробним методом зброджуванням біомаси. Сьогодні сектор біогазу все ще не розвинутий, однією із причин якого вважається недостатня освіченість у сфері біогазових технологій місцевих аграріїв [33].

Серед областей України, доволі великі потенціали чистого біологічного газу знаходиться в Дніпропетровській, Київській та Донецькій, становлячи більше 150 тис. т н.е./рік [56].

Проте в порівнянні з досвідом інших країн світу, Україна відстає в розвиткові біоенергетики. На порозі до стійкого розвитку альтернативної енергетики відіграють роль бар'єрів, які не дають розвиватися далі біоенергетиці. Сьогодні досить мала кількість територій країни відведено для вирощування біоенергетичних культур, наразі близько 5,4 тис. га., беручи до уваги, що в країні багато земель є непридатними та малопродуктивними, на яких вирощування сільськогосподарських культур немає сенсу, адже це буде економічно неефективно, оскільки для вирощування їх варто вносити велику частку добрив.

Влада України активно працює над розвитком біоенергетики шляхом прийняття необхідних для цього заходів. Зокрема, у 2014 році було низку законодавчих актів, постанов, які направлені на підтримку замінити природний газ іншим видом палива – альтернативним. Проте не дивлячись на певний прогрес, існують бар'єри, які ускладнюють розвиток біоенергетичних технологій.

Більшість фахівців вказують на проблему полегшення ліцензування виробництва зеленої енергії. Окрім цього в законодавстві існує недолік,

оскільки більшість енергетичних культур не приймаються за як сільськогосподарські, що викликає складнощі у їх вирощуванні. Наявна процедура яка включає рослини до реєстру аграрних культур є досить довго, адже випробування культур може тривати до трьох років. Саме через це потрібні відповідні законодавчі акти.

В українському законодавстві відсутнє визначення «енергетичні рослини». Застосування біомаси в країні регулюють за низкою нормативних законів та актів – закони щодо альтернативного палива та джерел енергії тощо, проте жоден з них не містить в собі визначення як «енергетичні рослини», тобто можна вважати, що правове регулювання вирощування, використання енергетичних культур відсутнє. Однак відсутність правового регулювання ніяк не чинить протидію цій діяльності у вирощуванні енергетичних культур, оскільки тут у використанні йде традиційна практика, використовується земельне право для оренди земельних площ в подальшому використанні. Самі енергетичні культури не мають певних стандартів якими їх регулювали б, проте певні види енергетичних культур зареєстровані в державному реєстрі із сортів рослин, які придатні до вирощування на території України, та використання на ринку та вдосконалення державного механізму підтримки саме це виступає бар'єром [54, 38].

#### **1.4. Світовий досвід з використання біоенергетичних культур**

Нинішній етап економічного розвитку в країнах, альтернативне паливо виступає як прискорювач для нових тенденцій на всесвітньому ринку агропродукції, що зумовлено зниженням кількості корисних копалин, та залежністю від імпортованої нафти чи газу, зростанням цін на продукцію в різних сферах використання [29].

Можна очікувати, що від альтернативних джерел енергії значний внесок буде від біомаси енергетичних культур. Паливо, що виготовлено з енергетичних рослин, можна віднести не тільки до поновленого, воно також схоже на видобувне паливо і може стати йому заміною. Біоенергетичні рослини мають переважні властивості у використанні, вони практичні при

транспортуванні та зберіганні, в них доступна ціна, також вони можуть стати хорошим енергоносієм разом з застосуванням новим та наявних технологій перероблення, завдяки цьому вони можуть стати значною альтернативою для викопного палива в наші часи [29].

Все більшість країн по всьому світі розпочинають схилитися до створення великих плантацій та вирощування енергетичних рослин з високою продуктивністю та врожайністю та з високим вмістом целюлози, як сировини для виготовлення біопалива. Такими культурами можна вважати міскантус, енергетичну вербу, світчграс, кукурудзу, тополю. Невिбагливість цих культур до ґрунтово-кліматичних умов при їх вирощуванні надає можливість їх культивувати на малородючих та малопродуктивних землях та рельєфах, що прорізані балками, ярами та долинами. Окрім застосування культур у виробництві енергії, біоенергетичні культури допомагають зберегти ґрунт від ерозії, як вітрової, так і дощової, до зменшення витрат для підживлення ґрунтів. До того ж дані рослини мають низьку собівартість, не вимагають значного догляду та використанню добрив та хімікатів [29].

Площі земель, які засіяні під енергетичні культури серед країн ЄС на передових місцях займають Італія – 57 тис. га., Польща площа – 13 тис. га, Швеція – 12 тис. га, в Німеччині займає 11 тис. га, в Данії 10 тисяч га, Фінляндія ж, займає останнє місце – 8 тис. га. за рис.1.10. [44].

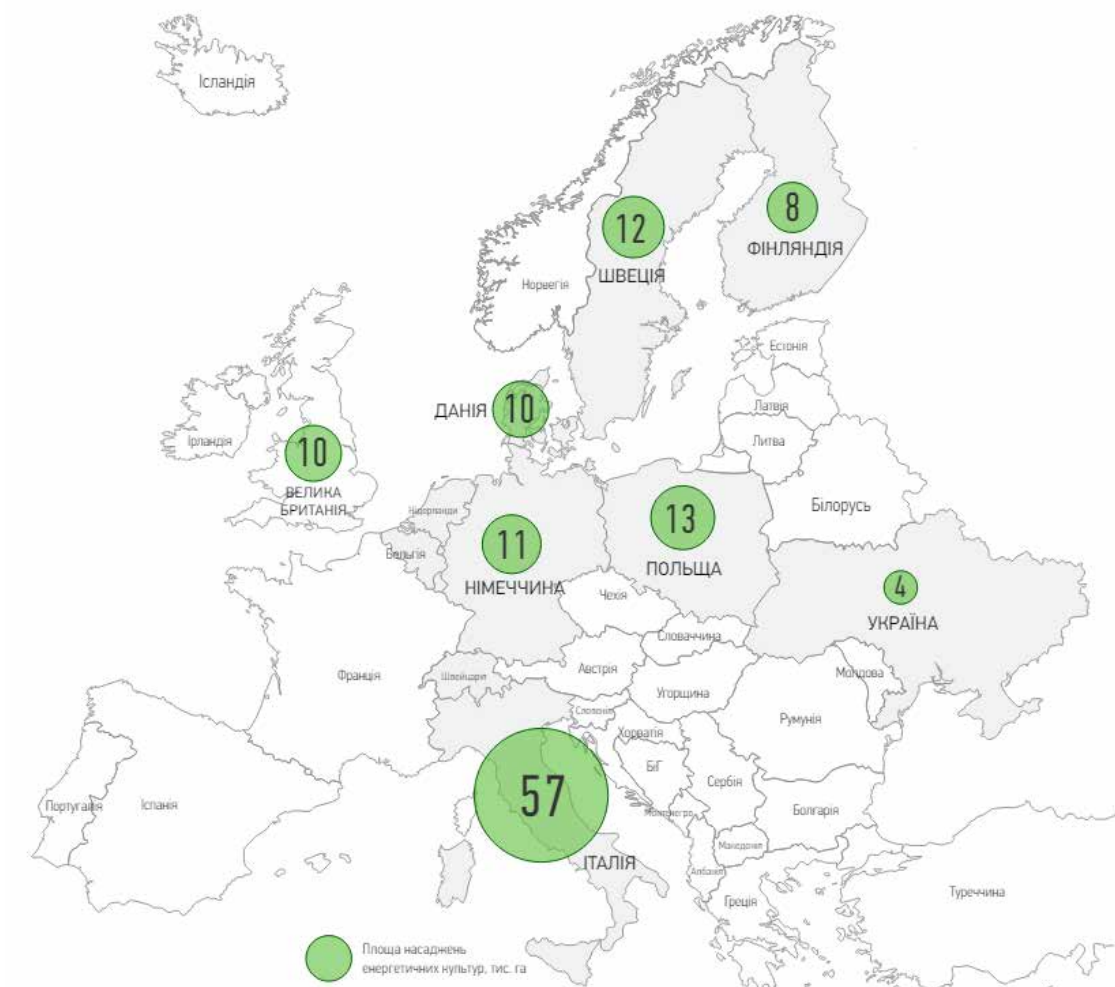


Рис 1.10. Площі висіяних енергетичних культур в ЄС тис. га[13]

Біоенергетичні культури мають різні напрямки використання рис. 1.11. В основному велика кількість енергетичних культур йде на використання кормовиробництва та виробництва біопалива.

Напрямки використання енергетичних культур	
Біопаливо	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Виробництво різного біопалива: тверде, рідке, газоподібне, яке забезпечує генерування тепла та вироблення електроенергії;</li> <li>• Виробники альтеративної енергії мають право отримати субсидію від держави відповідно "зеленого тарифу";</li> </ul>
Агрономія	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вирощування енергетичних культур на малопродуктивних деградованих ґрунтах - виступає як відсутність конкуренції для продовольчих культур;</li> </ul>
Екологія	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Енергетичні культури можуть поліщувати структуру та водний баланс, зменшити ерозію ґрунту, підтримати родючість та біорізноманіття за постійного циклу вирощування;</li> </ul>
Фіторе mediaція	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відновлення природних функцій та екосистемних характеристик забруднених земель за допомогою енергетичних культур через фіторе mediaцію спрямоване на очищення ґрунтів від важких металів, поллютантів та залишків пестицидів;</li> </ul>
Целюлозно-паперове виробництво	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Енергетичні культури є важливим джерелом лігніну та целюлози, які можуть бути використані у виробництві целюлозно-паперовій продукції, зокрема у виготовленні паперових харчових пакетів, різноманітної упаковки та картону ;</li> </ul>
Кормовиробництво	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Випасання худоби, заготівля сіна. Фітомаса у подрібненому вигляді використовується у тваринництві для поліпшення кормової бази тварин;</li> </ul>
Додаткові продукти	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Використання енергетичних культур для створення капсул для ліків у медицині та можливість виробництва біопластику із побічних продуктів, а саме перероблених культур.</li> </ul>

*Рис. 1.11. Способи використання біоенергетичних культур[23]*

Серед країн ЄС, які розвиваються, Данія, Норвегія, Швеція, Німеччина, Польща та Австрія, швидко починає розвиватися розведення лісових плантацій. Данія та Німеччина займаються розведенням китайської тростини, вона через декілька років може дати до 40 тон сухої біомаси на один гектар, тобто так само як можуть дати тропічні посівні площі. Особливістю китайської тростини є її листова біомаса, яка опадає осінню та стає удобренням для ґрунту, завдяки

чому надає можливість не використовувати мінеральні добрива. Ліси Німеччини кожного року дають деревний приріст до 15 т на га з енергоємністю близько 225 ГДж/га що собою являє 63 МВт×год/га [32].

Джерелом для ВДЕ (відновлювальної енергетики) в Польщі виступає також біомаса. Польські хвойні ліси здатні виробляти приблизно 4,5 тонн біомаси на гектар, плантації особливих верб та тополь до 18 т на 1 гектар [24].

Західна Європа для відновлення територій, які мають схильність до вітрових та водних ерозій, використовують гірчак сахалінський, міскантус, які мають особливість зі значною кількістю біомаси [32].

На сьогодні, у світі поширено вирощувати вербні плантації. Досить перспективно культивувати чагарникову вербу. Серед країн, які мають досвід у використанні «вербної енергетики» це Данія, Норвегія, Німеччина, Польща та Австрія, та все-таки варто відзначити, що значно найбільші площі знаходяться у Швеції – 20 тис. гектар. Верба не тільки є деревиною для спалювання, як палива, але також є чудовим кормом для господарств, які займаються тваринництвом, що своєю чергою забезпечує поля верб добривом, що підвищує врожайність [32].

Гарний досвід у використанні енергетичних культур має США та Бразилія. В США приблизно весь етанол виготовляють з крохмалю кукурудзи, за стандартами країни, він вважається звичним біопаливом з відновлювального джерела енергії. Близько 40% отриманої врожайності від кукурудзи, йде у виробництво біопалива. Для виготовлення біоетанолу, окрім використання кукурудзяного крохмалю, Сполучені Штати застосовують й іншу сировину, а саме стебла кукурудзи, стебла рису, тополь та вербу. Ці рослини досить швидко підростають та здатні давати врожай два рази на рік протягом років без пересадки [7].

Під кінець 2020 року Сполучені штати не мало бізнесу з вироблення целюлозного етанолу. Однак Бразилія для виготовлення етанолу, вживає цукрову тростину. Етанол на її основі, визначається як сучасне альтернативне паливо – біопаливо, яке використовується в США за RFS [7].

### **Висновок до першого розділу**

В розділі були розглянуті такі питання як біоенергетичні культури, досвід їх вирощування для України та інших країн світу, яку участь можуть взяти ці культури в розвитку біоенергетики.

Біоенергетичні рослини в біоенергетиці дають значні можливості для забезпечення стійкої енергетики в Україні та інших країнах. Всі енергетичні культури можна прокласифікувати за циклом їх вирощування, за типом, характеристикою та кінцевим продуктом за використання даної рослини та її походження. Більшість енергетичних рослин не є вибагливими в вирощуванні, цим і користуються доволі багато аграрних компаній в Україні. Оскільки в Україні є багато родючих земель, в тому числі й деградованих, на яких можливо вирощувати енергетичні культури, таким чином це може знизити енергозалежність країни у вигляді використання рослинної біомаси для отримання енергії.

На глобальному рівні, біоенергетика продовжує розвиватися, адже все більше країн прагнуть знизити рівень викидів парникових газів в атмосферне повітря та знайти альтернативу для викопного палива.

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Загальні відомості про господарство

Дослідження для дипломної роботи проводилось на базі Панфільської дослідної станції, яка підпорядковується «Інститут землеробства УААН». Знаходиться на території Яготинського району в Київській області. Територія містить заплавні осушені органогенні ґрунти в околицях р. Супій Яготинщини. Станція розміщена в Лівобережній частині Лісостепу.

Басейн річки Супій розташований на Придніпровській низовині в межах чернігівської Київської та Черкаської областей України. Площа його становить близько 45 тис. км<sup>2</sup>. Форма басейну грушоподібна, довжиною понад 120 км та середньою шириною близько 45 км. Річка Супій має добре розвинуту заплаву, яка глибокого врізується в середню терасу Дніпра.



*Рис. 2.1. Розміщення полів Панфільської дослідної станції*

Діяльність станції стосується ведення рослинництва та землеробства на осушених та маргінальних землях. До напрямків досліджень станції відноситься:

- Розроблення та впровадження малоенергоємної екологічної безпеки систем землеробства в Лісостеповій зоні України, сюди також входять осушувані землі, розробка технологій вирощування культур – зернові, технічні кормові та біоенергетичні.
- Виробництво та здійснення сертифікованого насінництва культур (технічні, кормові, зернові та біоенергетичні)
- Органічне вирощування культур.

## **2.2. Ґрунтово-кліматичні та погодні умови проведення дослідження**

Київська область є однією з унікальних областей в Україні, оскільки займає важливе місце за значенням політики та соціальності, та з різноманітними природним кліматом, чим завдячує власному географічному розташуванню поділяючи в собі дві природних зони Полісся та Лісостеп.

Важливу роль в сільському господарстві Київської області відіграють ґрунти, більшість покриву якого належать до родючих ґрунтів, що і зіграло провідне значення для земельного фонду області. В наші дні за впливу природних чинників та переважно антропогенної дії ґрунтові площі області, в особливості сільськогосподарські землі знаходяться в погіршеному стані. Сюди варто віднести ерозії, заболочення та підвищені вмісти важких металів. Площа еродованих земель на орних ділянках Київської області сягає 134,6 тис. га, при цьому спостерігається зростання еродованості із середньо та сильно змитими ґрунтовими поверхнями [58].

Зі складу орних земель площі кислих ґрунтів становить 514,1 тис. га, дефльовані займають 667,7 тис. га, засолені – 41,2 га. Велика частина ґрунтової площі (83,2 тис. гектар) через Чорнобильську катастрофу забрудненні радіаційними ізотопами – цезієм та стронцієм, найбільша їх концентрація знаходиться в Поліссі.

Для Київської області притаманні та широко розповсюджені чорноземи глибокі та чорноземи малогумусові, площі яких становлять 664,2 тис. гектар, що від орних становить 50,1%. Площу в масштабі 287,3 тис. га опідзолені чорноземи, світло- та темно-сірі ґрунти в проміжній частині області. Такі види ґрунтів як оглеєнові, дерново-підзолисті, суглинкові піщані та супіщані займають приблизно 225 тис. гектар.

Область знаходиться в перехідній природній зоні починаючи з Полісся – низькими продуктивними дерново-підзолистими ґрунтами з підкисленням за складом легкої механічності з проміжним комплексом закінчуючи Лісостепом – чорноземи для яких останнім часом притаманна підкисленість.

В басейні р. Супій переважають чорноземні ґрунти, а в заплаві ґрунтоутворюючою породою є торф алювіальні відклади леси і лесовидній суглинки. Найбільш розповсюджений із них є торф (понад 70% площі масиву). Торф в заплаві р. Супій характеризується високою зольністю (40 - 60% і більше)з наявністю прошарків прісноводних черепашок з великою кількістю  $\text{CaCO}_3$ . Торфовища заплави мають слабке засолення (хлоридами, сульфатами й бікарбонатами натрію та калію).

Болота в заплаві мають низинне походження з різноманітними торфовими відкладами. В більшості випадків верхній орний шар торфовища має осоково-карботане походження. Торфовий ґрунт дослідної ділянки – карбонатний, рогозово-осокового походження, який має високий ступінь розкладу 64 - 69%. Шар торфу за своєю глибиною становить 2,38-2,52 метри. Підстилаюча ґрунтоутворна порода це оглеїнові алювіальні легкі суглинки рис. 2.2.



*Рис. 2.2. Торфовий ґрунт в розрізі*

Дані агрофізичної характеристики торфу показують, що його щільність – 0,215грам на кубічний сантиметр, його повна вологоємність у відсотках становить 270 -283%, зольність – 40%. Ґрунт за агрохімічною характеристикою дослідних ділянок, а саме торфовий шар має глибину 1,2 -1,4 метри, вміст валового азоту – 1,3 -2,0%; вміст фосфору становить від до 0,92%; вміст калію від 0,09 до 0,15%;вміст кальцію близько – 20-26%; рН сольовий – 7,0-7,5.

Клімат Київської області завдяки власному географічному розташуванні в середині континенту та країни – помірно континентальний, доволі м'який та достатньою зволоженістю. Зима в області довга та тепла, літо тепле та вологе, проте останні роки воно стає сухіше, через недовгостатню кількість опадів. Осінь волога, та часто буває сухою та теплою. Середня температура за рік за довгими спостереженнями плюсова - +7,2°C. В січні середня температура 6° С, в липні - +19,5°C. На рік випадає близько 600 мм опадів, більша їх кількість часто припадає на червень та липень. Сніговий покрив становить 25-30 см. На Київщині з несприятливих кліматичних явищ зустрічаються сильні грозові дощі, град, суховії та пилові бурі. Зимою часто ожеледиця та льодова кірка.

Клімат в районі метеостанції помірно-континентальний з відносно м'якою зимою і доволі теплим літом. Ступінь континентальності басейну

збільшується зі сторони південного заходу в сторону північного сходу, про це свідчить збільшення амплітуди коливань добових і річних температур повітря.

Клімат у Лісостепу має свою особливість, яка полягає в тому, що тут більша вирівняність температурного режиму та опадів у порівнянні із відповідними широтами на сході. Літо тут трохи холодніше, а зима більш тепліша.

Середня температура повітря в період найхолоднішого місяця становить 4-5°C, а найтеплішого – 17 -19°C. Абсолютний річний мінімуму температури повітря – 34-35°C, а максимум – 35-36°C, період з відсутністю морозів триває 140-160 днів, період із температурною понад 5°C – 205 – 210 днів, а температурою понад 10°C – 155-166 днів.

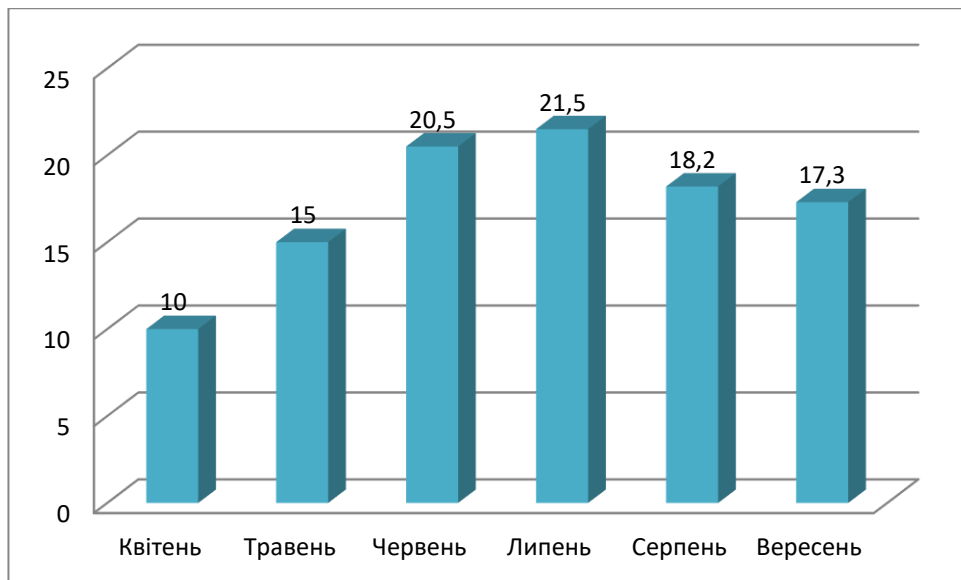
Погодні умови 2023 року (табл. 2.1 – 2.3., рис. 2.2., 2.3.) характеризувалися достатньою кількістю вологи і дещо прохолодною весною, особливо на початку квітня. Так у квітні середньодобова температура була 4,3 °C, а в травні 15°C.

*Таблиця 2.1. Метеорологічні показники в районі проведення досліджень за даними Яготинської ГМС, 2023 рр.*

Місяць	Декада	Середня температур а, °C	Норма, °C	Опади, мм	% до норми
Квітень	1	3,4	6,5	28	-
	2	7,8	7,8	48	-
	3	1,9	10,5	60	-
	середнє (сума)	<b>4,3</b>	<b>8,3</b>	<b>45,3</b>	<b>45</b>
Травень	1	11,9	13,5	26	-
	2	17	15,5	3	-
	3	16,3	16,1	35	-
	середнє (сума)	<b>15</b>	<b>15,0</b>	<b>21</b>	<b>40</b>
Червень	1	19,6	17,7	18	-

	2	31	17,7	15	-
	3	19,0	19,0	25	-
	середнє (сума)	<b>23,2</b>	<b>18,1</b>	<b>19,3</b>	<b>66</b>
Липень	1	19	18,9	101	-
	2	19,6	19,8	40	-
	3	18,5	19,5	46	-
	середнє (сума)	<b>19,3</b>	<b>19,4</b>	<b>62,3</b>	<b>75</b>
Серпень	1	19,8	19,9	18	-
	2	22,7	18,8	45	-
	3	21,6	17,2	11	-
	середнє (сума)	<b>21,4</b>	<b>18,6</b>	<b>24,6</b>	<b>53</b>
Вересень	1	17,2	16,0	7	-
	2	17,9	13,5	15	-
	3	14,4	11,4	5	-
	середнє (сума)	<b>16,5</b>	<b>13,6</b>	<b>9</b>	<b>40</b>
Жовтень	1	9,7	9,7	5	-
	2	8,8	7,7	36	-
	3	11	5,0	35	-
	середнє (сума)	<b>9,8</b>	<b>7,5</b>	<b>25,3</b>	<b>35</b>
Квітень- жовтень		<b>15,6</b>	<b>14,4</b>	<b>380,5</b>	<b>354</b>

Літо 2023 року було теплим середньодобова температура червня була 19,6°C. В цілому за вегетаційний період середньо добова температура складала 20,5°C. Середньодобова температура за квітень склала 4,3°C.



*Рис. 2.3. Середньодобова температура повітря в період вегетації*

В зоні досліджень характерно відносно однорідний розподіл відносної вологості повітря (від 80 до 85%). У лютому відбувається загальне зниження вологості на 2-5%, а в березні – на 10 -15%, в травні спостерігається зменшення до 45-48%. В липні за рахунок злив вона підвищується на 1-4%, серпень та вересень найпосушливіший період. Сухі дні (коли вологість повітря зменшується до 30%), в році переважають у теплий період, кількість яких становить 10-12 днів в рік, вологі дні становлять в середньому 110-130 на рік (відносна вологість яких понад 80%).

Під час періоду вегетації 2023 р. погодні умови були досить складними для сільськогосподарських культур, тому періодично спостерігати різку зміну сухої посушливої погоди на дощі із зливами та з градом разом із поривчастим вітром, що обумовили механічне пошкодження рослин.

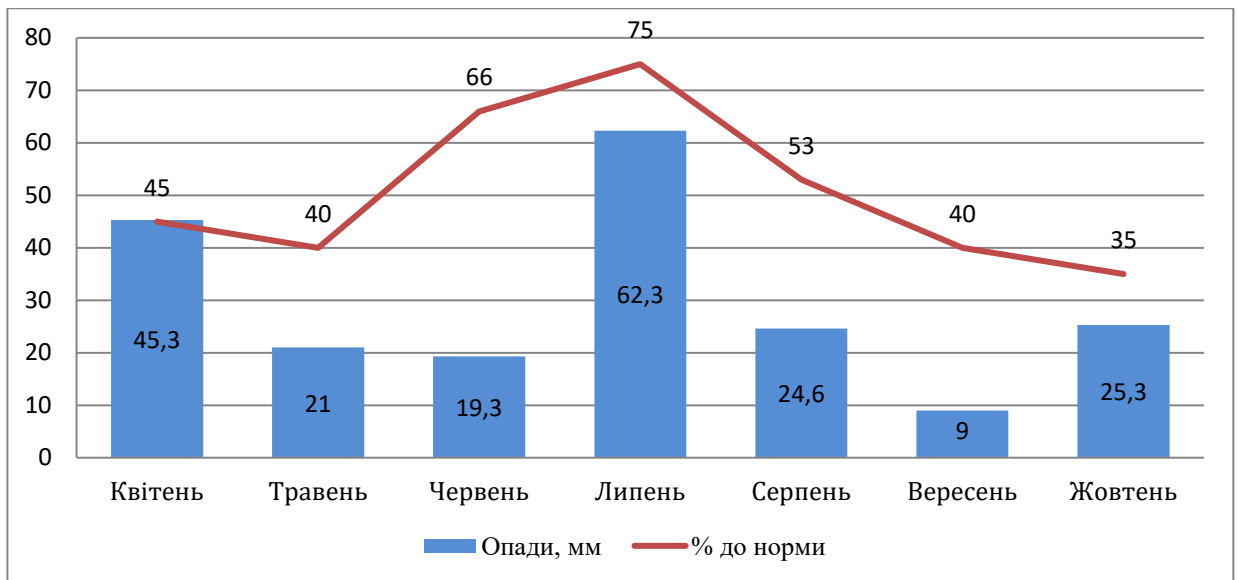


Рис. 2.4. Атмосферні опади в районі проведення досліджень за період вегетації

Середня температура повітря в місяці, в період 2023 року, виявилась на 3 – 4°C вищою за потрібну температуру кліматичної норми, у першій половині вегетації кукурудзи, і в абсолютному визначенні становила 15°C у травні, та у червні 20,5°C тепла, кількість опадів яка випала - 21 мм у травні, що на 19 мм менше норми та у червні 19,3 мм, що менше за норми 62 мм, відносна вологість в повітрі склала – 63 - 67%. Липень – серпень характеризуються інтенсивним ростом та розвитком рослин кукурудзи, спостерігали підвищенні температурні показники порівняно з середньо багаторічними даними та нерівномірне розподілення опадів, середні температури повітря в ці місяці, виявились на 0,1-4°C вищими за відповідну норму і в абсолютному визначенні становила, у липні +19,3°C у серпні +21,3°C, великою кількістю опадів характеризувався липень 62,3 мм за норми опадів 69 мм, серпень трохи менше достатньо 24,6 мм за норми опадів в цей місяць 66 мм, відносна вологість повітря склала – 69 – 67%. Вересень мав температуру повітря нищу на 3°C від норми, вологість повітря перевищувала середньо багаторічні показники на 11% на кінець вегетації під час дозрівання кукурудзи інтенсивність випадіння опадів посилювалася їх випало на 99,1 мм більше від норми, що ускладнювало збирання урожаю. В цілому в період вегетації 2023 р. випало на 75 мм опадів більше норми, а

температура повітря склалась більшою від середніх значень багаторічних показників приблизно на 1,8°C.

### 2.3. Умови проведення польового дослід

Дослідження з вирощування на осушених органогенних ґрунтах перспективних видів енергетичних культур для перероблювання на тверде паливо проводяться в трьох стаціонарних дослідках у зоні Лісостепу України в межах Супійської осушувально-зволожувальної меліоративної мережі на виведених із посиленого обробітку староорних карбонатних торфових заплав річки Супій на території Панфільської наукової станції. Ґрунт карбонатний, вміщуючи в собі достатню кількість азоту, містить середню кількість фосфору та обмежений вміст калію. У досліджених вивчаються чотири фактори: видовий, сортовий склад деревних культур, площа живлення, режим використання та удобрення.

Дослід з вирощування деревних культур для перероблення на паливо закладено в стаціонарних умовах у зоні Лісостепу на осушуваному глибокому (близько від 2 до 2,5 метрів) старому виораному карбонатному торфовищі, рогозоосокового походження який містить високий (60-65%) ступінь розкладу, який виведений із інтенсивного обробітку на заплаві річки Супій (Панфільська дослідна станція). Підстилаюча материнська порода – оглеїнові алювіальні легкі суглинки. Повна вологоємність складає 270-283%, щільність ґрунту становить – 0,215 грам на кубічний сантиметр. В ґрунті торфового походження валовий вміст азоту знаходиться у кількості 1,9%, фосфору становить у кількості 0,45%, калію міститься 0,17%, кальцію близько 26-30%, зольність складає до 40 - 45%, рН діапазоні 7,2 і 7,4. В собі ґрунт вміщує гарну кількість рухомих форм азоту та не перевищує середню кількість фосфору (за рахунок вівіанітованих прошарків) і має дуже обмежений вміст калію.

Висадження деревних культур: верби тритичинкових – сорт Панфільська, верби прувовидної (енергетичної) – Пафнільська 2 та верби попелястої місцевої популяції, на осушуваному торфовищі проводили весною після основного обробітку ґрунту, який включав фрезування дернини, оранку на

глибину від 20 до 25 см, дискування та прикочування важкими болотними котками. Після цього нарізалися борозни у дно яких висаджувалися живці рис. 2.4. Заготівлю живців проводили в пізньоосінній період і зберігали у піску за температури 0-3°C.



*Рис. 2.5. Процес механічної посадки енергетичної верби[50]*

Для боротьби з бур'янами застосовувався гербіцид суспільної дії у передпосадковий період та проводили підкошування рядків протягом вегетації у перший рік вирощування та перший рік зрізування урожаю.

За площею живлення дослід включає три варіанти: 0,63 м<sup>2</sup> на кожную рослину (1,8м x 1,4), 1,26 м<sup>2</sup> (1,8 м x 0,7 м) та 2,52 м<sup>2</sup> (1,8 м x 1,4м). Загальна площа поля 2,1 га. На всіх варіантах з удобрення вносили Р<sub>60</sub>К<sub>90</sub>. Крім того, досліджувались різні режими збирання деревної маси рослини верби – кожного року, один раз в період двох роки та раз в три роки. А отже, у цьому досліді вивчали три чинники технологій вирощування деревних культур – видовий склад, щільність посадки і режим збирання біомаси.

Основними показниками продуктивності вирощування верби на енергетичну були величина накопичення вегетативної маси та енергетичну ефективність. Крім цього у досліді проводили спостереження за лінійним проростом рослин. Заміри лінійного росту проводили на трьох кущах культури

по фіксованих пагонах у кущі. Обліки урожайності робили в кінці періоду опадання листя (в кінці жовтня – на початку листопада місяця).

Збирання біомаси відбувається у два способи: для садового матеріалу та для промислового використання.

Для використання в промисловому напрямку, зрізування вирощеної верби проводять в період спокою, тобто в зимовому стані. Такі пагони від верби як середні та грубі зрізують спеціальними машинами – косарки КФН-1,6; КН-2,1.

Спочатку використовують «виховне» зрізання, яке відбувається в період закінчення первинної вегетації. Чим на найвищій висоті буде зрізано пагони, тим більше їх виросте та тим менші вони будуть в діаметрі. Виховне зрізання для верб проводять на висоті 10 см стовбура рослини від поверхні ґрунту.

Для використання як паливної щепи, деревна біомаса подрібнюється або перероблюється різанням за допомогою подрібнювальних машин. Довжина щепи для спалювання в котлах зазвичай використовується в 1-3 см, інколи має інший розмір в залежності як замовляє замовник.

Взагалі технологію збирання верби для щепи можна прокласифікувати на декілька видів.

**Механізований (початковий) спосіб** передбачає збирання та подрібнення біомаси верби через комбайн рис. 2.6. Під час збирання вербна біомаса вивантажується в причіп транспортного засобу та вивозиться на край поля у спеціальні польові кагати - місця тимчасового зберігання. Проте цей спосіб має недолік у вигляді способу заготівлі – це наявність вологи в сировини, і для її висушення потрібні сушарки.

Перевалочний та роздільний спосіб збирання досить часто об'єднують (роздільно-перевалочний). Пагони верби за допомогою спеціальної причіпної машини зрізуються та пресуються у тюки з подальшим осушуванням в природних умовах.

**Перевалочний метод** передбачає збирання за допомогою самохідних комбайнів, які мають навісний модуль яке зрізує та подрібнює біомасу рис 2.6.. Подрібнена біомаса (тріска) збирається у причіп транспорту який рухається

поруч. Потім отримана подрібнена біомаса верби транспортується в місця для наступної переробки, зберігання та споживання.

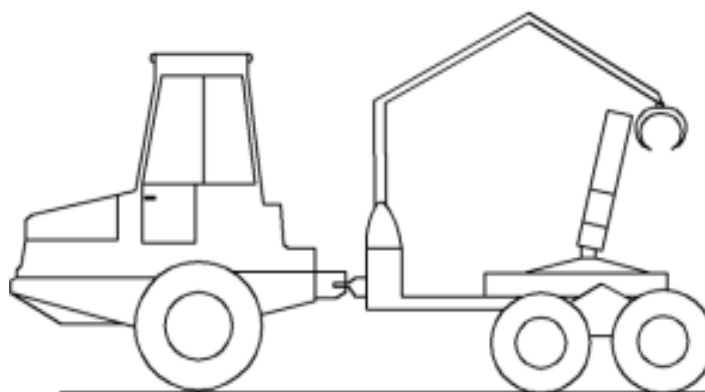


*Рис. 2.6. Збирання біомаси верби самохідним комбайном, її подрібнення та перевезення [15]*

Роздільний метод передбачає збирання енергетичної верби спеціальною косаркою, отримані зрізані пагони рослини транспортуються тракторами на об'єкт де відбувається його подальша переробка, а саме подрібнення за допомогою подрібнювача або дробарки, зберігання або/та споживання рис.2.7., рис. 2.8.



*Рис. 2.7. Збирання енергетичної верби косаркою*



*Рис. 2.8. Машина з причепом для завантаження пагонів та їх перевезення [21]*

Рід верби (*Salix*) – один із видів деревної породи, відноситься до найбільших родів в помірному кліматі, біля 25 видів з усіх них зростають в природі в Україні рис. 2.9.. Верби *Salix* біологічно стійкі культури, мають потужний апарат фотосинтезу та забезпечені розвиненою кореневою системою, швидкокорослі, мають підвищену стійкість до несприятливих умов, здатні легко розмножуватися вегетативно та відростати після зрізування надземною частини, відносній довговічності, досить невибагливі до родючості ґрунту і здатні рости на заболочених та непродуктивних землях низької якості, непридатних до ведення сільського господарства та таких, які потребують рекультивації, дані верби займають перше місце серед енергетичних культур для вирощування в Україні. За достатнього зволоження продуктивність вербових плантацій може сягати 12-14 т на 1 га сухої деревини у середньому на рік [3,5].

Протягом 20 або 25 років, плантації верби можуть залишатися продуктивними даючи врожай кожні 2 чи 3 роки. При цьому виснаження ґрунту в 3-5 разів нижчий, ніж за вирощування зернових культур того, що до 80% поживних речовин винесених з ґрунту повертаються назад з опалим листям. Для вирощування енергетичних плантацій верби в промисловості, оптимально підходять вологі, добре дреновані осушувані землі.



*Рис.2.9. Рід верби ( Salix)*

Верба тритичинкова (*Salix triandra* L.)рис.2.10. досить розповсюджена у всій Європі та Сибіру, подекуди можна зустріти на Далекому Сході й

північних, а також у східних районах Середньої Азії. Як рослинна культура вона тіньовитривала та вологолюбна, саме через це росте в основному на берегах річок, еутрофних болотах, та вогких заплавах річок, успішно використовується для заліснення таких ділянок як ярів, балок, створення захисних насаджень. Форма верби, взята для наших досліджень, відібрана з місцевої флори заплави р.Супій у 2006 році, її продуктивності на осушуваних торфовищах виявилася у 1,5 – 2 рази вищою, навіть у порівнянні з сортовими зразками верби цього ж виду, виведених для енергетичних цілей. В умовах перезволоження верба тритичинкова забезпечує отримання значно більшого урожаю біомаси, ніж інші види.



*Рис.2.10. Верба тритичинкова (Salix triandra L.)*

Верба прутовидна, енергетична (*Salix viminalis* L.) рис.2.11. на даний час найбільше розповсюджена у виробництві, особливо у європейських країнах, забезпечує високу продуктивність тільки в умовах достатнього осушування, тривале підтоплення та високий рівень стояння ґрунтованих вод негативно впливають на її продуктивність. У попередніх дослідженнях найбільш продуктивною формою цього виду виявилась форма енергетичної верби отриманої з Польщі. Вона дещо переважала наш єдиний вітчизняний сорт верби прутовидної – Тернопільську. Тому ця форма і була взята для дослідження.



*Рис.2.11.Верба прутовидна*

Верба попеляста (*Salix cinerea* L.). Цей вид був взятий для досліджень і порівняння, як найбільш розповсюджений у природних умовах заплавл малих річок, він займає близько 70% вербових ценозів нашої зони.

#### **2.4. Методи дослідження**

Дослідження проводяться з використання методичних підходів які застосовуються в міжнародній практиці, окрема відповідають вимогами ISO 17025. У процесі виконання роботи використано загальноприйняті методи закладання дослідів та проведення польових і лабораторних досліджень та аналізу результатів наукових досліджень згідно сучасного технічного рівня урахування чинних стандартів.

Для вимірювання діаметру різних сортів верби використовували штангенциркуль. Спочатку довжину кільця верби, потім в обхваті на висоті 1м рис.2.12. і 2.13.



*Рис.2.12. Порівняння сортів верби в діаметрі;*



*Рис.2.13.Діаметр 3-річного саджанця енергетичної верби, 2,5см.*

Також впродовж періоду вегетації, проводили вимірювання пагонів енергетичної верби для сортів енергетичної верби рис.2.14.



*Рис.2.14. Енергетична верба у перший місяць вегетації*

Облік врожайності проводили за допомогою скошування стебел культур на час закінчення вегетації рослини, зважували.

#### **Висновок до другого розділу.**

Панфільська дослідна станція, в Україні вважається однією із найстаріших наукових установ які замагаються освоєнням боліт та вирощуванням на них різноманітних культур, як звичайних, так і енергетичних. За весь свій час існування станція змогла відіграти важливу роль у землеробстві. Під час дослідження на станції до уваги було взято три види верби: тичинкова, прутовидна та попеляста. Згідно методики було проведено досліджено даних видів верби.

## **РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ, ДЛЯ ВИРОБНИТЦВА ЕНЕРГІЇ З БІОМАСИ**

Біомаса є найдавнішим джерелом для отримання енергії, проте раніше її використання зводилось лише до прямого палива. Використання біомаси є перспективно, оскільки ця сировина вважається відновлювальною. За обсягами свого використання вона посідає четверте місце в біоенергетиці. Сировиною для вироблення енергії з біологічної маси може виступати будь-яке джерело від відходів в побуті та сільського господарства до рослинних відходів та тваринних. Її перероблення може мати доволі багато методів, отриманий продукт розподілити на різні види та покоління.

Сьогодні одними із популярних видів біопалива виступає як біоетанол та біодизель, проте сюди також варто і тверде біопаливо. Використання твердого біопалива має власну вигоду, оскільки вирощування культур для сировини палива може виступати як бізнес, використання відходів від лушпиння до рослинних пагонів зменшує кількість сільськогосподарських відходів. До того ж за словами голови Держефективності – тверде біопаливо – виступає як новий шлях у заміщенні природного газу [49].

### **3.1. Характеристика біомаси як палива: переваги та недоліки**

Ресурс біологічної маси є поновлювальним, сировиною в якого виступають рослини, їх рештки, водорості, тощо (рис.3.1). Враховуючи власну продуктивність та енергетичну місткість, біомаса має п'яте місце серед відновлювальних енергетичних джерел. Кожного року на нашій планеті утворюється щонайменше 170 млрд т первинної біологічної маси, близько схожий об'єм і руйнується. Кожного року в сільських господарствах використовують приблизно 500 млн т біомаси. Відновлення такого джерела можливо за майже короткий термін [8].

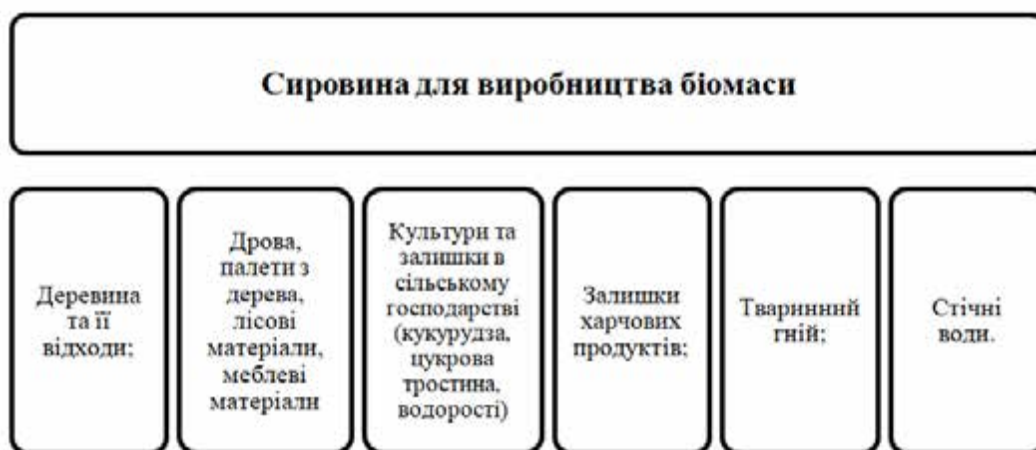


Рис.3.1. Класифікація сировини для виготовлення біомаси[27]

В Україні до основних ресурсів біомаси варто віднести відходи і залишки в сільському господарстві, а саме це солома, лушпиння, стебла, та енергетичні культури як от тополя чи верба, які вирощуються з даною метою. Для абсолютного забезпечення потреби населення в отриманні опалення та гарячої води а також в скороченні парникових газів, біомаса у вигляді палива яку використовують для вироблення енергії тепла може це здійснити [11].

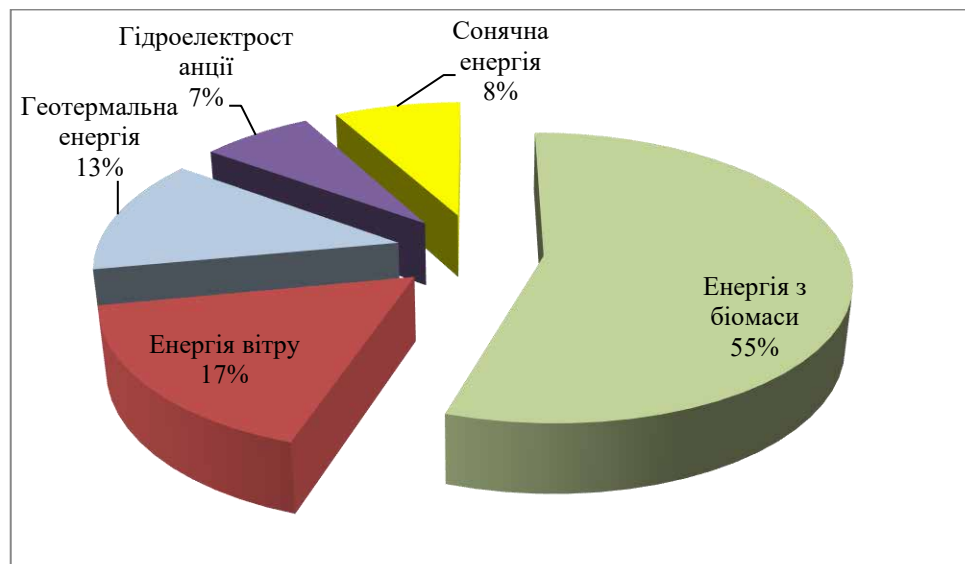
Взагалі біомаса не відноситься до певного енергетичної субстанції, а стосується палива, яке має високу здатність до горіння через перероблення культур, що не мають такої економічної значущості, шляхом подрібнення, і так далі. Сама біомаса часто містить в собі солому, корені та деревину, серед них солома становить понад 90% від загальної кількості біомаси [57].

Біомаса вважається найдавнішим ресурсом який використовувався для отримання енергії, проте це зводилось до звичайного спалювання. Нині увага до продуктивного застосування біомаси зростає, про це свідчать такі аргументи:

- Рослинна біомаса завдяки її постійному відновленню, при використанні не провокує збільшення парникових газів;
- Більшість розвинутих країн мають при собі надлишки земель, які можуть годитися для вирощування енергетичних рослин;
- Використання відходів таких як побутові, сільськогосподарські та інші у цілях вироблення енергії, можуть забезпечити вирішення екологічних проблем;

- Новітні технології допомагають більш доцільніше використати біомасу [46].

В Україні досить серйозною проблемою є низька енергоефективність. В досліджувальних проєктах із підвищенням виробництва та використання електричної енергії, підвищену зацікавленість викликає саме зменшення парникових газів рис.3.2. [28].



*Рис.3.2. Зниження обсягу парникових газів за різними енергетичними технологіями [28]*

За інформацією Міжнародного енергетичного агентства енергія з біомаси може стати конкурентом для викопного палива, а саме енергія тепла та електрична енергія. Основна перевага джерел біомаси це їх широке поширення та невичерпність. Такі відходи як деревина та вугілля з неї, а також тваринні відходи на даний час забезпечують тепловою енергією близько 3 млрд населення світу [46].

Для задоволення потреб у виробництві енергії тепла та електроенергії до 2050 року, потрібно приблизно до 7 млрд т біомаси. А отже міжнародний ринок біомаси буде досить важливим щоб надати можливості для забезпечення відповідних потреб та вимагатиме відповідного функціонування у вартості [46].

Як будь-яке паливо, біомаса має свої плюси та мінуси. Авторитет біомаси базуються на їх економічній цінності та екологічній ефективності, як альтернативу викопному паливу, для зменшення парникового ефекту.

Перевага екологічного ефекту – здебільшого переважною сировиною біомаси є рослинна солома. Застосування такої біомаси надасть можливість знайти розв'язок проблеми хаотичного спалювання рослинних решток, таким чином знизити забруднення повітря.

Перевага у підвищенні економічної цінності під час вирощування культур. Солома є непродуктивною часткою товарних рослин. В процесі використання культур, за допомогою збільшення ланцюга промисловості, у такий спосіб збільшуючи продуктивність.

Третьою перевагою є зменшення викиду в атмосферне повітря забрудників. За дослідженнями вчених паливо виготовлене на основі біомаси при горінні не виділяє діоксид сірки та виробляє малу частину оксиду азоту. До забруднювачів повітря також відносять дим та пил. У процесі застосування вартість їх видалення має більшу перевагу. Саме використання біомаси може зменшити викиди в повітря і витрати на утилізацію цих же викидів.

Пил, який утворюється під час горіння біомаси, має в собі значну кількість макроелемент фосфору, який можна використати як добриво з містом фосфору для удобрення сільськогосподарських культур, завдяки цьому не буде необхідності застосовувати збільшення витрат для знищення твердих відходів.

Навіть якщо біомаса має деякі переваги, то при використанні її існують ще проблеми, які стосуються теплопровідності, щільності, просування та застосування біомаси:

- Здатність біомаси проводити тепло досить нижча, ніж у вугілля. Через це досить складно задовольняти парогенератори, через горіння біомаси.
- Відносна щільність палива біологічної маси низька, через це варто забезпечити відносно кращі місця для збереження і транспортувальний тиск на основі проектування калорійності, що підвищить витрати на транспорт в реальний час застосування.

- Просування та використання біомаси наразі все ще знаходиться на початковому етапі, відтак вплив промислової групи низький.
- Паливо на основі біомаси має високі вимоги до свого зберігання, до того ж варто враховувати ще водонепроникність, захищеність від вологи та заходи від пожежі та інші явища, через це існують власне недоліки у витрати на об'єкт та його управління.
- Котли які використовують електростанції не пристосовані до використання біомаси. Для того, щоб користуватися паливом на основі біомаси варто здійснити масштабні перемини [57].

До одних із таких недоліків використання біомаси, це наслідки для навколишнього середовища. З цим пов'язано зниження біорізноманіття, погіршення якості повітря. Використання відходів та енергетичних рослин в якості палива з одного боку є чудовим методом отримання енергії та екологічним рішенням, проте методи перероблення даної сировини вимагають відповідних установок та засобів, оскільки без їх використання можуть бути екологічні збитки. Використання енергетичних культур як сировини для отримання біомаси несуть в собі значні витрати на пестициди та хімічні засоби, а також витрати на засоби протидії ерозії. Сюди також варто віднести вирубки лісів для отримання деревних гранул, що провокує собою збільшення викидів CO<sub>2</sub>, навіть якщо більшість дерев поновлюють новими висадками, проте для повного поглинання вуглецю цього не достатньо, оскільки молодим деревам потрібно більше часу і висадження цих дерев не завжди відбувається у місцях їх вирубки [46].

### **3.2. Біомаса як джерело теплової енергії**

Більшість глобальних проблем людство створило само протягом багатьох років. Однією із таких проблем це неминуха вичерпність викопного палива. Це спричинено надмірним та нераціональним споживанням енергії.

У вигляді джерела відновлювальної енергії, біомаса може використовуватися в різні способи:

- Одержання біопалива;
- Згорання біомаси для одержання енергії тепла;
- Згорання для отримання електроенергії (ТЕС);
- Згорання для отримання комбінованої енергії як теплової, так і електричної (ТЕЦ) [5].

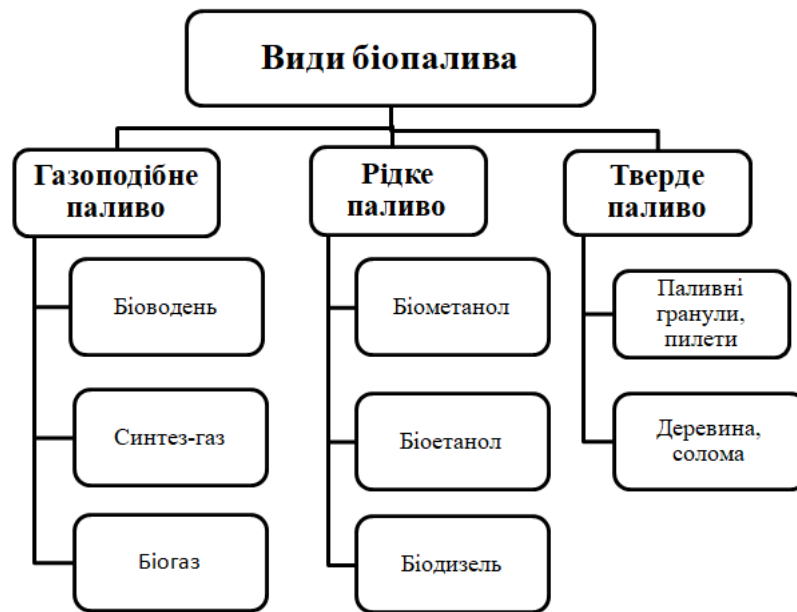
Як паливо, біомаса у світі посідає четверте місце з виробництва та споживанням енергії. Її частина у виробленні відновлювальної енергії сягала близько 10%. На масштабному рівні до 2050 року біомаса буде забезпечувати вироблення 3000 тВт/ч електричної енергії, що надасть задовольнити потреби населення у 7,5%, та скоротить викиди CO<sub>2</sub> близько до 1,3 млрд. т на рік. Наразі в Європі на долю ВДЕ приходиться понад 30% вироблення енергії електрики, що надзвичайно підвищилось за останні 20 років, коли у 2000 році цей відсоток становив 12%. В електроенергетиці ЄС, сьогодні біомасова частка містить 6%, у використанні на опалення 16% [48].

Для України потенціал використання біомаси як енергії лише з агропромислового комплексу складає еквівалент до 20 млрд куб. м природного газу. Оскільки Україна є аграрною, доречно зосередитися у використанні звичайних відходів та сільськогосподарських відходів. Можливо передбачити, що максимальна частина сектору у 30% до 2035 року зможе покрити деревна біомаса, а решта 70% варто знаходити в секторі аграрії [48].

В Україні джерелом для отримання біомас, не звертаючи уваги на деревину, є ще відходи (залишки) в сільському господарстві, це солома, та лушпиння від соняшника, стебла тощо, та енергетичні рослини – кукурудза, міскантус, світчграс, які вирощуються з метою використання у біоенергетиці. Біомаса яка використовується для вироблення теплової енергії, щоб забезпечити потреби в опаленні та в постачанні гарячої води, що надає свої переваги в економіці, а саме знизить бюджетні витрати в опаленні, також скоротить кількість парникових газів близько на 8 мільйон т до 2025 року [48].

Біопаливо виступає як альтернатива для звичайного палива з викопної сировини. Біологічне паливо виробляють шляхом перероблювання біомаси (рослини та її відходи, тваринні відходи, побутові та харчові відходи) різними методами: пряме спалювання, анаеробна ферментація, газифікація і тому подібне.

Біопаливо можна прокласифікувати, розподіляючи його на газоподібне, рідке та тверде рис. 3.3..



*Рис 3.3. Класифікація біопалива*

Біологічний газ є легкогорючим газом, який виробляється методом анаеробного зброджування біомаси. Біогаз зазвичай складається з 70% метану та 45% двоокису вуглецю разом із домішками інших сполук як от сірководень, оксиди азоту. Сировиною для біогазу можуть стати органічні відходи як агропромислові так і побутові, сюди також відносять рослинну біомасу.

Процес вироблення біогазу не шкідливий для навколишнього середовища, тому що не викликає викидів  $\text{CO}_2$ , та допомагає знизити кількість органічних відходів. Біогаз здатний до відновлення в Україні, його приблизний потенціал становить 3,2 мільярда кубічних метрів. Серед областей держави найбільше виробництво біогазу зосереджено в Дніпропетровській та Київських регіонах.

Рідке біопаливо, сюди відносить біоетанол та біодизель. Рідке паливо зчаста використовується для транспорту. Біоетанол дещо поступається звичайному бензину через енергощільність, але все-таки є кращою альтернативою. Біодизель виробляється на основі рослинних олій (масел). В процесі виготовлення палива, для зменшення в'язкості олій використовують спирт.

На території нашої держави, України, знаходяться близько 13 виробників біоетанолу рис 3.4, шість з яких є досить успішними у своїй справі – спиртзаводи Зарубінський та Гайсинський, приватні підприємницькі заводи – Екоенргія й Фазор, цукрові підприємницькі фабрики – Узинський та Гнідавський [9].

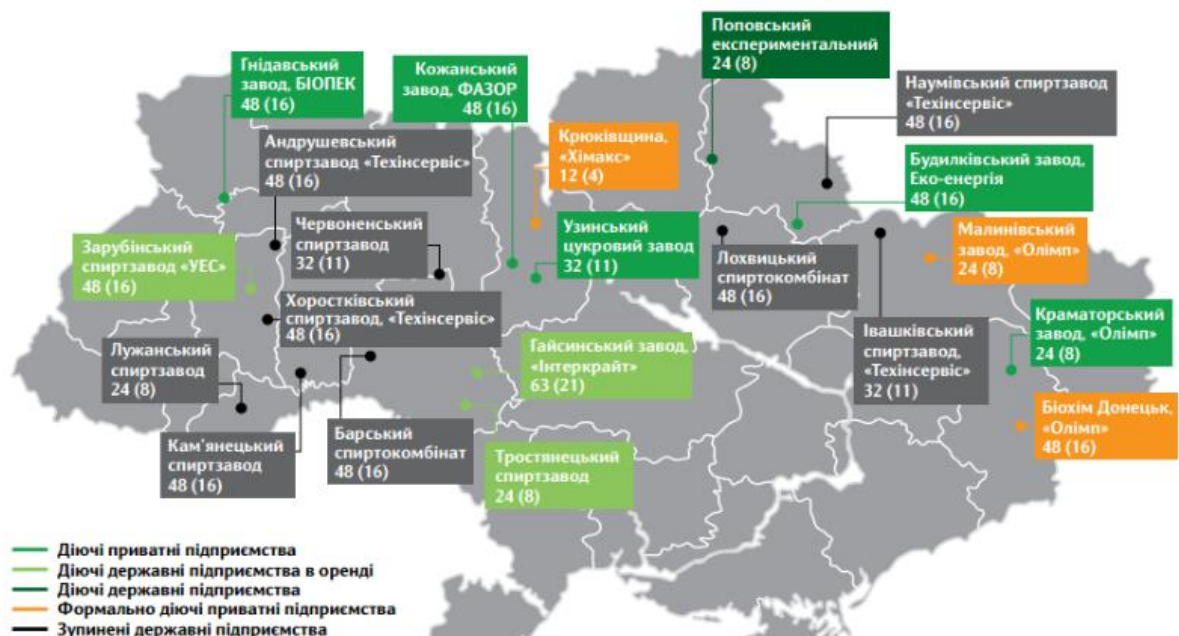


Рис. 3.4. Виробники біоетанолу в Україні [9]

Тверде біопаливо знайоме для всіх, оскільки в першу чергу до твердого біопалива відносять дрова. Але альтернативою та доволі дешевшим варіантом є використання гранульованих пелетів.

Цінність пелетів визначається у збереження лісів та й в інших якостях. У використанні гранульованих пелетів присутня вигода, тому що їх виробляють з будь-яких матеріалів – від деревної кори та соломи до гною та горіхової

шкарлупи. Вся сировина, яка йде для виготовлення пелетів пресується. Пелети не мають здатність до димності, та дають більше тепла ніж дрова, завдяки цьому їх рекомендують використовувати для обігрівання різноманітних приміщень. Проте для пелетів є конкурент – газ, який можна подати через трубопровід [51].

Наразі в Україні близько 500 підприємств які беруть участь у виробництві паливних гранул. Перевагою цього стало значний експорт пелетів. Пелети змінюють людське сприйняття щодо агробіомаси яке вважається за їхньою думкою важким у використанні для палива. Варто відмітити, що опалення пелетами набагато простіше ніж вугіллям. Також аграрні пелети є досить зручними в транспортуванні: зазвичай вони упаковуються у біг-беги, так звані м'які контейнери з масою близько 1 тонни чи в інші ємності - паперові мішки або поліетиленові до 50 кг. В продажі пелети доволі зручні, оскільки можна розкласти у певних кількостях в різні ємності як і під час транспортування, їх можна завантажувати в кузов причепа [26].

Серед підприємств з виробництва біопалива, було спонсоровано проєкт «АгроБіоХіт» метою якого виробництво тепла з біомаси агропромислового походження [26].

ТОВ «Він-Пелета» з Вінницької області займаються виробленням гранул, сировиною для яких використовують соломку культур – пшениці, ячменю, сіно різноманітних трав та люцерни [26].

Окрім пелетів, варто прилити увагу брикетами, які також ще називаються євродровами. Як пелети, вони не містять в собі шкідливі речовини та можуть використовуватися в різних топках, котлах.

Деревні брикети є екологічно чистим продуктом, виготовляється з деревних відходів, які є натуральними та необроблені хімією. Деревні брикати утворюється при високому тиску та температурі, а лінгін, речовина яка міститься в деревині є звязуючою речовиною. За згорання брикетів золи утворюється малий відсоток – 1%, що значно менше ніж при вугіллі [30].

Біопаливо також розподіляють на покоління, в залежності вихідної сировини – перше, друге та третє покоління рис. 3.5.

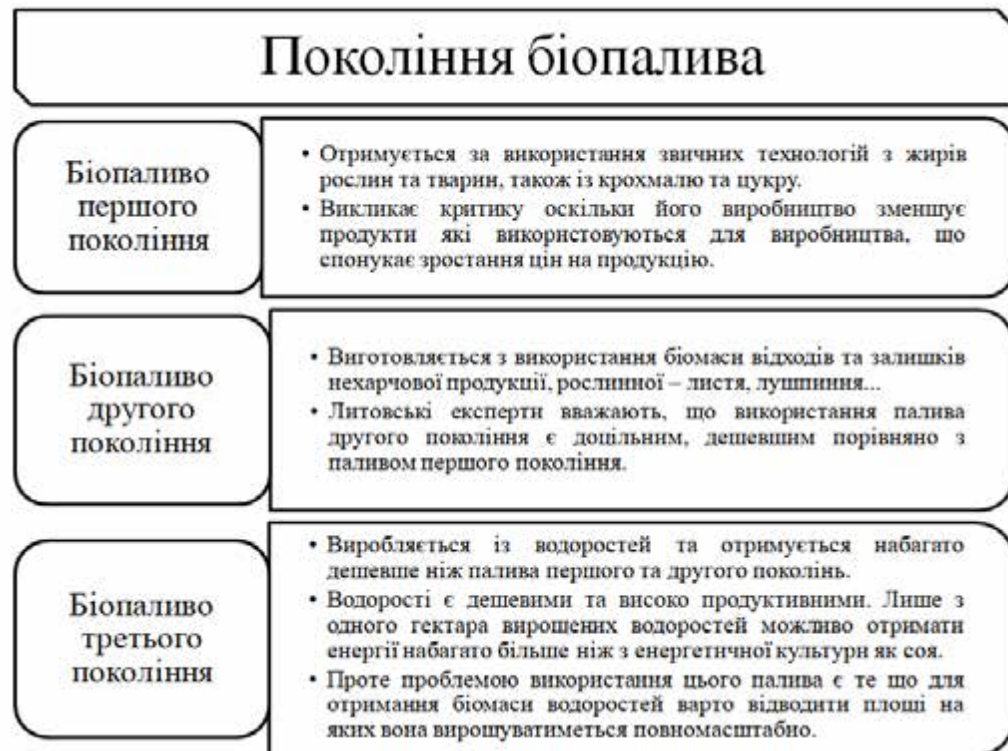


Рис. 3.5..Класифікація біопалива в залежності його покоління[10]

За словами наукових експертів доцільніше використовувати біопаливо другого та третього покоління, проте більше вони схиляються до біопалива третього покоління.

### 3.3. Використання енергетичних культур для виробництва біопалива

Наразі по всьому світі поступово зростає інтерес до альтернативних джерел енергії через понадмірне використання звичних джерел енергії (викопні палива). Відновлення енергетичного балансу більшості індустріально розвинутих країн можливе шляхом використання незвичних для нас джерел енергії, в пергу чергу за допомогою біоенергетики, яка перевагою в перспективі енергетики.

Для знаходження способу розв'язання актуальної проблеми енергозалежності, практичну зацікавленість становлять енергетичні культури: кукурудза, сорго, міскантус. Думку щодо використання енергетичних рослин для вироблення енергії, підтримує Роїк М. В. разом зі співавторами. Вони

стверджують що енергетичні рослини за своїми властивостями завжди будуть перспективними, вигідні в економіці при вирощуванні на не продуктивних та малопродуктивних землях.

Україна має великі земельні ресурси для проведення на них сільськогосподарської справи, вона має можливість забезпечити й власні потреби щодо харчових продуктів, а також вироблення сировини для ведення біоенергетики. Можна вважати, що біомаса практично не вичерпна як ресурс. Проте присутні складнощі, оскільки ефективність від виробництва енергії за допомогою біомаси нижча, ніж за виробництва із викопного палива, що стає наслідком як дефіцит підтримки від держави в напрямку реалізації біоенергетики, не розвинена матеріально-технічна база, яка має допомагати розвитку біоенергетичного напрямку та відсутність можливостей її покращення, та залежність від цін на звичайне викопне паливо.

Для отримання енергії первинну сировину можна поділити на рідку, тверду та газоподібну речовину. До рідкої сировини відносять рослинну олію та спирт, до твердої сировини – деревина, залишки від оброблення в деревообробній промисловості та солома, газоподібна – це біогаз. Біомаса є відновлювальною сировиною та паливом, що екологічно чисте, його використання не впливає підсилення глобального парникового ефекту [19].

Залишки для отримання енергії можуть залежати від типу культур які використовують у посівах, та від кількості яка може бути отримана з площі посіву. Відходів для біомаси найбільше можна отримати саме з польових культур ніж з овочевих. Ймовірну масу чи кількість відходів визначають множення маси рослини на коефіцієнт залишку який характерний для цієї рослини. Для сої цей коефіцієнт дорівнює 2,60, для кукурудзи – 1,20, для цукрового буряка – 0.20. Проте значення такого коефіцієнт може залежить не лише від виду рослини, а й від умов де проростає дана культура [19].

В Європі виробництво екологічного етанолу в основному відбувається з сировини зерен хлібних та бурякових культур. Зернові культури (хлібні) використовують в центральній та північно-західній частині Європи. Серед

зернових культур рослина пшениці часто зустрічається в частині північно-заходу, кукурудза використовується центральній Європі а також в Іспанії. Цукрові буряки як біомасу для виробництва біоетанолу охоплюють країни Німеччину та Бельгію, сюди також варто додати Францію. За даними 2016 року вироблення етилового спирту, в Європі для одержання якого (5,1 млн. л) взяли 9 млн тонн зернових культур і 8,8 млн тонн бурякової культури. Згідно даних того ж року на паливному комплексі в європейських країн, використовується в обізі зернових культур 2,9% та буряків 7,0% [41].

Широко розповсюдженою сировиною для виробництва все ще вважається ріпакова олія. На період 2015 року на ріпакову олію припадало близько 49% від всього виробництва, проте її використання зменшилось через підвищене застосування рослинного масла та відомої всім пальмової олії [41].

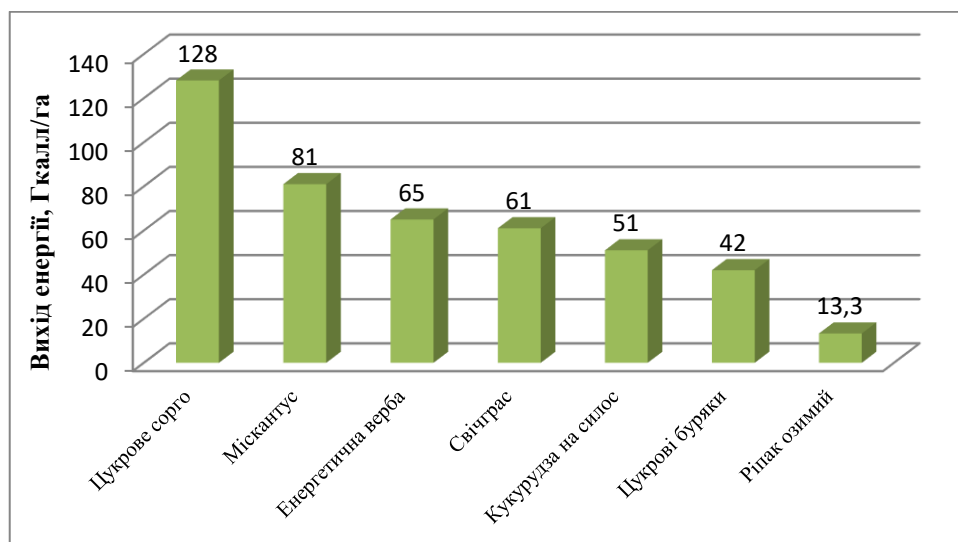
Вважається що рослинні масла другі за величиною біомаса, яку часто використовують в певних країнах ЄС – Німеччина, Великобританія та Нідерланди. На третьому місці – пальмова олія, четвертому – соняшникова олія. Сировини як жирні кислоти та бавовняна олія можуть застосовуватися в залежності від національного вироблення [41].

Для України найбільший потенціал аграрної біомаси притаманний в центральному, південному та південно-східному районах країни. Саме в цих районах досить гарно розвинені сільське господарство та харчовий перероблюваний сектор. Загальна маса агробіомаси склала 8039 тис. т. нафтового еквіваленту [42].

Україні має один із вагомих джерел біопалива - солома. Середня кількість соломи утвореної від злакових культур становить собою 40,31 мільйон т. З солом'яного брикету масою від 50 до 60 кг можливо отримати 4 кВт в годину електроенергії [35].

Такі культури як ріпак олійний, енергетична верба, свічграс, цукрове сорго кукурудза та міскантус – широко розповсюдженими й привабливими. Серед них є культури які добре протидіють розвитку ерозії – ріпак, міскантус та свічграс. Енергію яку можливо з них отримати, вже із вказаних рослин

позначено на рис. 3.6..Вироблення енергії з цих рослин ефективно бореться із збільшенням викиду парникових газів. Біогаз на основі ріпакової олії значно понижує димність близько на 45% таких речовин як чадний газ та тверді частинки [14].



*Рис. 3.6. Вихід енергії з енергетичних культур [14]*

Культура ріпак має дивовижну кореневу систему – вона досить не погано розвинута, це допомагає дезінфікувати ґрунт, та після себе залишити в ньому близько 5000 кілограмів на гектар, завдяки чому підвищується органічність та покращується стан ґрунтової капілярної системи. Врожайність ріпакової культури можливо спрогнозувати до 80 центнер на гектар, маса якого дасть 0,42 тонни екологічного палива. Культура цукрового сорго маже дати приблизно 17,6 тис. кубометрів газу на гектар, який буде містити в собі 60% метану та дати 25 тонн твердого біологічного палива.

Деревна сировина сьогодні становить 90% для використання в тепловій енергетиці. Сюди варто віднести всім відомі дрова, деревні палети та тріски. Інші 10% займають агровідходи тобто аграрна біомаса.

Сировина з енергетичної верби досить не погано підходить для виробництва паливних брикетів. Завдяки високому вмісту горючих речовин – целюлоза, лінгін та геміцелюлоза, низькому вмісту зольних частинок постає високоенергетичним продуктом для використання у виготовленні твердого

біопалива. Технологія виробництва брикетів з верби схожа на гранулювання, проте є більш простою. Якість брикетів з енергетичної верби залежить від вологості які вміщує в собі сировина біомаси, її оптимальне значення має становити близько 10% не більше. При великій кількості вологи, біомаса зменшить свою теплопровідну здатність.

В лісах України запаси деревини становлять 2102 млн кубічних метрів. Середній запас деревної сировини на один гектар в лісах Державного лісового агентства поступово зростає і склали 241 кубічних метрів на гектар, що собою займає сьоме місце в Європі. Запаси деревини для інших країн становлять – 219м<sup>3</sup>/га для Польщі, 183 кубічних метрів на гектар для Білорусії та 119 кубічних метрів на гектар для Швеції. За показниками енергетичної стратегії до 2035 року паливо на деревній сировині можна буде оцінити в 1,76 млн нафтового еквівалента в структурі твердих палив.

### **3.4. Біомаса як об'єкт альтернативної сировини та методи перетворення її на паливо**

Більшість всіх видів сирої біомаси можуть розкладатися під дією чинників, проте лише деякі види біомаси здатні та придатні до довгого зберігання. За низької енергетичної щільності біомасу недоцільно транспортувати на значні відстані. Тому заради цього були проведенні пошуки оптимальних методів для її використання.

Перевагою в енергетичному використанні біомаси є її багатоваріантність в технології перетворення та методів використання її наприкінці. Біомасу можливо використовувати в цілях енергії різними шляхами впродовж спалювання – солома та деревина, перероблення на рідкі або на газоподібні палива. Перетворення біомаси на енергоресурс або в іншу енергію можливо за застосування хімічних, біохімічних та фізичних методів [51].

Варто відмітити, що процеси та технології перероблення енергії біомаси є торговельними та затвердженими. Наприклад сюди можна віднести перестерифікацію олійних культур, ферментацію культур які вміщують в собі цукор та крохмаль. Інші технології, такі як виготовлення біоетанолу 2-го

ступеня з лігноцелюлозної сировини або вироблення біодизелю з водоростей, а саме мікроводоростей, розвиваються на різних етапах та зможуть зайняти своє місце в майбутньому.

### Методи отримання енергії.

За фізичного методу отримання енергії, через спалювання відходів та залишків органіки можливо отримати енергію. Пряме спалювання вважається одним із давніших методів, щоб отримувати енергію тепла. Проте за прямого спалювання існує проблема в практичному використанні, а саме при повному згорянні сировини, виділяється діоксин вуглецю і вода, які не приносять шкоди довкіллю. Пристрої які використовуються для спалювання біомаси поділяються на топки, печі та камери згорання. Пряме спалювання є основою промислової технології, за якого генерується електроенергія в установці з паровою турбіною [51].

Спалювання біомаси можна розподілити на три типи рис. 3.: спалювання яке проводиться в шарі, спалювання в псевдозрідженому стані, пилове спалювання. Виділяють ще один вид прямого спалювання біомаси – комбінований. В комбіноване спалювання входить згорання біомаси разом з іншими видами палива [47].



Рис. 3.7. Класифікація технологій спалювання біологічної маси. [47]

При спалюванні в шарі відбувається процес подачі первинного повітря під паливну решітку та через щілини потрапляє в товщу палива, в якій виникає

процес газифікації. Друге повітря потрапляє над товщю палива та викликає повне згорання палива.

Спалювання в псевдозрідженому стані супроводжується згоранням палива в суміш повільного матеріалу (інертного) та золених частинок. Пилове спаювання базується на використанні досить дрібних частинок за розміром у 20мм.

Біомаса відмінно від викопних палив містить характеристики, які роблять спаювання цієї ж сировини складним. По-перше біомаса містить в собі неорганічні речовини, що викликає труднощі у паливному застосуванні. А певні види соломи можуть містити велику кількість хлору, кальцію та сірка. Речовини які вміщують в собі ці сполуки досить легко плавляться і та швидко випаровуються, що може призвести до відкладень на поверхнях теплообмінника, що собою погіршує процес теплообміну та провокує розвиток корозії.

Роблячи огляд на виклики у використанні процесу спаювання біомаси, для згорання тріски й соломи, найпоширенішими технологіями є згорання на решітках, згорання в киплячій товщі та суспензійне спаювання [47].

Піроліз біологічної маси – це хімічний спосіб обміну деяких органічних сполук в інші за використання дії тепла або іншими словами термічний розклад без використання кисню. Ряд процесів при піролізі, його умови використання різняться, а саме за природою сировини, методи які використовуються при перероблених відповідними продуктами виготовлення. Якість теплової деградаційної продукції залежить від сировини яка використовується в процесі й умов проведення піролізу. До продуктів піролізу можна віднести вуглисту речовину, паливні рідину та різні гази, водночас зчаста процес покладається здебільшого на те, щоб отримати один вид піролізних продуктів біомаси [55].

Процес газифікації біологічної маси – це процес трансформації твердих відходів в паливні гази за допомогою часткового окислення киснем, парою або повітрям за участі високої температури. В процесі газифікації можна використати будь-яке паливо, в наслідок одержують генераторні гази, вони

різнобічні маючи великий діапазон в застосуванні – у вигляді палива – з якого можливо отримати енергію тепла в побуті та за різноманітних процесів в промисловості, як сировина за якої отримують водень, аміак металевий спирт і синтетичне рідке паливо. Газифікація характеризується однаковими реакціями, не зважаючи на різні способи процесу газифікації [51].

Процес анаеробної ферментації характеризується розкладом органічних речовин на діоксид вуглецю та метан разом з формуванням біогазу, утворюючи суміш  $\text{CO}_2$  та  $\text{CH}_4$ , при цьому метан припадає близько 70% в частці. Процес бродіння біомаси з відсутністю повітря відбувається у спеціально призначених метантенках без доступу повітря, що допомагає великому виділенню метанового газу. Передусім важливо є створення найкращих умов у цих реакторах: контроль температури, рівень доступу кисню, концентрацію живильної матерії (речовини), значення рН середовища, відсутність концентрацій токсичних речовин [51].

#### **Методи отримання біопалива.**

Тверде біопаливо зазвичай виготовляється з рослинних матеріалів. Найбільш поширеною сировиною для виготовлення твердого палива є деревина. Виробництво твердого біопалива включає поетапний процес. Спочатку збирають сировину та її транспортують до місця зберігання, перероблення та подальших дій. Далі сировину подрібнюють спеціальною технікою, це може дробарка. Біомаса подрібнюється на шматочки. Це зменшує сировину та полегшує процес її подальшої обробки. Третім етапом є її сушіння, оскільки сировина містить в собі високий відсоток вологості. Сушіння можна зробити двома способами – природнім (на відкритому повітрі розкладаючи її в призначеному для цього місці) та механічний (сушіння в спеціальній сушильній камері). Наступним етапом є її пресування – після сушіння, суха біомаса знову проходить процес подрібнення ще дрібніше та пресується обладнанням які у формі брикетів або пелетів. Потім отримані брикети або пелети проходять охолодження перед транспортуванням. Далі їх упаковують у відповідні мішки або контейнери в яких згодом вони транспортуються [31].

### **3.5. Переваги та недоліки застосування біомаси, як сировини як альтернативного палива**

Біомаса являє собою органічну речовину, яка можлива у використанні для вироблення енергії. Сюди дозволено включити звичайні тварини та різні рослини. Перелічене завдяки спалюванню або перетворення на інші рідини, можливо отримати електроенергію. Будь-яка енергія не є ідеальною, враховуючи біомасу.

#### **Основні переваги при застосуванні біологічної маси як сировини.**

- Біологічна маса є обсяжним ресурсом, оскільки вона оточує нас, у вигляді лісів, сільськогосподарські угіддя, відходи та звалища. Отримуючи енергію сонця за дією фотосинтезу, ресурси можуть відновитися за досить короткий час на відміну від інших видами ресурсів – викопних, відновлення яких займає мільйони років.

- Біомаса є ресурсом, який допомагає зменшити відходи. Відходи, які зазвичай можна спостерігати на звалищах є органічними. Перенаправлення їх як біомасу на електростанції, а не на звалища, допоможе зменшити кількість цих звалищ та ризику, а також використати ці відходи продуктивно для отримання енергії.

- Зазвичай енергетичні установки які працюють на біологічній масі диспетчеризуються, іншими словами їх легко вмикати та вимикати.

- Біоенергія на основі біомаси не переривчаста та не змінна, як енергія сонця чи вітру. Проте доступність біомаси можлива в залежності від сезону, а електростанції на біомасі можуть вмикатися постійно для постачання електроенергії, не зважаючи на стан погоди на зовні.

- Не потребує для себе вдосконалення двигунів автомобілей;
- Вироблення біомаси може відбуватися без інвестиційних технологій;
- Методів для отримання енергії з біологічної маси досить велика кількість, вони різноманітні, прості та не трудовитратні.

#### **Основні недоліки при використанні біологічної маси як сировини.**

- Досить великі кошти витрачаються на біологічну масу як сировину, окрім початкових внесків для запускання установок, витрачаються кошти ще на видобуток, транспортування та зберігання сировини, до того як вона буде використана для електроенергії.
- Витрати можуть мати різницю від електростанцій, які працюють на біологічній масі, і в певних випадках енергія на основі біологічної маси може бути конкурентоспроможною з цінами на сонячну та вітрову енергію. Також витрати можуть бути залежними від типу біомаси та методу яким буде вона перетворюватися в енергію.
- Як сировина для альтернативного палива знаходяться на одному рівні вартості з корисними копалинами, а інколи може бути дешевше, оскільки не потребує буріння під землю, що несе собою великий капітал.

### **Висновок до третього розділу.**

В даному розділі, для розгляду було взято такі питання як характеристика біомаси як палива та як сировини для альтернативного палива врахувавши основні переваги та прогалини для цього. Також звернули увагу на питання щодо ролі біомаси в отриманні енергії, застосування енергетичних культур в якості сировини для біопалива, та основні методи за якими можна отримати енергію із сировини біомаси.

Біомаса як є відновлювальною та екологічно чистою. Вона вміщує в собі досить великий перелік переваг з них економічна та екологічна цінність. Її використання не збільшує викиди парникових газів, допомагає зменшити кількість відходів в побуті та в сільському господарстві, оскільки відходи можуть стати сировиною для вироблення енергії. Як сировина для палива вона доволі обсяжний ресурс, не переривчаста та не змінна, для отримання енергії можна застосувати різноманітні методи, які доволі прості та не трудовитратні. Проте використання біомаси як сировини такої як палива має низку недоліків особливо в питанні при її просуванні та використанні, адже цей процес в Україні знаходиться на початковому етапі. Для зберігання біомаси мають бути відповідні умови, в які варто враховувати водонепроникність, захищеність від

вологи, пожеж та інших явищ. Перевезення, зберігання транспортування все це потребує великі кошти.

Біомаса як сировина для палива може використовуватися різними способами, найголовнішим із яких є отримання біопалива та отримання енергії внаслідок згорання біопалива. Біомаса у вигляді палива займає четверте місце з виробництва та споживання енергії. А саме біопаливо можна прокласифікувати за станом – газоподібне, рідке та тверде, а також за поколінням.

Основою біомаси можуть виступати сільськогосподарські відходи та культури, побутові відходи. Енергетичні культури виступають одним із розповсюдженим і досить привабливим джерелом для палива. Однією із таких енергетичних культур є енергетична верба – з неї виробляють паливні брикети.

Для отримання палива або енергії з біомаси існують доволі багато методів перетворення, сюди варто віднести звичайне спалення біомаси у вигляді пелетів та брикетів або просто спалення дров. Існують ще методи піролізу газифікації та анаеробної ферментації.

Узагальнюючи інформацію варто сказати, що біомаса як сировина для палива та як паливо має безліч переваг та безліч недолік, які можливо перелічити. Проте її використання все ще потребує вдосконалення.

## **РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР**

Біоенергетика виступає стратегічним шляхом до сталого розвитку енергосистеми для енергетично залежних країн від імпортованої енергетики та палив. Сьогоднішня частка біомаси становить близько 1,78%.

Вирощування енергетичних культур для потреб в біоенергетиці все ще на початковому етапі в Україні, через це від неї відмінно від потенціалів відходів в сільському господарстві, так само деревної біомаси, потенціал біомаси з енергетичних культур є дещо віртуальним. Тобто на початку повномасштабного вирощування енергокультур цей потенціал можливо буде обчислювати. Проведення оцінки потенціалу біомаси з енергетичних культур надасть визначити основні можливості використання цих культур в майбутньому для вироблення енергії.

### **4.1. Визначення структурних елементів та врожайності біоенергетичних культур**

Органогенні осушені ґрунти (торфові осушені) які часто знаходяться в місцях заплави річок є перспективним місцем для вирощування енергетичних культур. Оскільки ці ґрунти містять в собі велику кількість вологи, що для енергетичних культур які люблять вологі місця, та немає таких вимог щодо родючості ґрунту. Торфові ґрунти які були осушені, не мають такої високої родючості, та для вирощування культур на них потрібно вносити велику кількість добрив. Вирощування енергетичних культур на подібних землях, особливо ті культури які не є надто вибагливими до водно-повітряного стану, надасть можливість повернути дані землі до ефективного використання.

Тобто бачимо що подібне вирощування можливо, а також це ефективно. Серед наведених культур найбільші показники сухої маси були отримані за вирощування саме енергетичної верби.

Наше дослідження проводилось на Панфільській дослідній станції. Ґрунти заплави осушені органогенні, знаходяться в басейні р. Супій

Яготинського району в Київській області. Досліджувальні енергетичні культури – рід енергетичної верби трьох сортів - верби тритичинкових – сорт Панфільська, верби прутовидної (енергетичної) – Пафнільська 2.

Для вирощування у вигляді плантацій енергетичної верби, беруться деревні види культур, які можливо вегетативно розмножувати. Проте не всі види культури можуть добре прижитися табл.3.4.

Таблиця 4.1.

**Середній відсоток %, приживлюваності культури в залежності від її площі живлення за три роки в заплаві р. Супій**

Площа живлення, м	Верба тритичинкова	Верба прутовидна
0,9x0,7	96,4	92,0
1,8x0,7	95,4	94,6
1,8x1,4	100,0	97,7

Для вирощування біоенергетичної верби в цілях використання в енергетиці є врахування таких показників як загибель та випадання деревостою через їх травмування за постійного скошування. За даними таблиці 4.2. більш стійким сортом енергетичної верби після її періодичного зрізування є верба тритичинкова, порівняно з прутовидної, для якої показники збереження менші.

Таблиця 4.2.

**Площа збереженості біоенергетичної культури в залежності від порядку скошування, %**

Площа живлення, м	Верба тритичинкова			Верба прутовидна		
	1	2	3	1	2	3
0,9x0,7	81	89	90	80	82	86
1,8x0,7	92	95	95	88	90	93
1,8x1,4	93	95	97	89	91	93

До основних показників, за якими можливо проохарактеризувати здатність видів верби до найбільшої кількості накопичення біологічної маси та

які підвищують перспективність сортів до вирощування на енергетичних плантаціях – темпи за якими відбувається лінійний ріст, куцистість та темп приросту стебла в товщину.

Лінійний приріст який характеризує зростання рослини на певну величину за певний період часу після попереднього збирання для виробництва палива показано на таблиці 4.3. Досить великі темпи лінійного приросту спостерігаються в червень місяць. Добовий приріст показує що сорти енергетичної верби за другу декаду збільшились, а саме для тритичинкової – приріст становить на 1,8-2,7 см, для прутувидної становить – близько 2,9-4,9 см. В липні спостерігається зниження приросту, це викликано за високої спеки та надто великої вологи в цей місяць. В липні показники приросту становили 1,5-2 см. В періоду першої декади осені – місяць вересень, приріст для сортів верб мінімальний, їх ріст становив близько 0,5 см за одну добу. Вересень був доволі посушливий, мала кількість опадів та висока плюсова температура.

Спостерігається, що приріст верби прутувидної набагато 2-го року відростання має більш вищі показники приросту порівняно з прутувидною вербою. Особливо це видно в останній декаді серпня, коли приріст прутувидної верби становив - 518 см, а на в осені він збільшився на 3 см (521см в першій декаді осені). Коли тритичинкова в останній декаді серпня становила 385см, а в першій частині осіннього місяця приріст становив 386см ( тобто лише на 1 см).

Таблиця 4.3.

## Динаміка лінійного росту сортів енергетичної верби на період 2023 р., см.

Сорт верби	Червень			Липень			Серпень			Вересень	Середнє
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	
Верба тритичинкова 1-го року відростання	150	177	206	222	234	243	248	250	264	269	226
Верба тритичинкова 2-го року відростання	284	302	323	339	454	363	371	377	385	386	348
Верба прутовидна 1-го року відростання	147	196	224	237	254	268	277	290	301	323	252
Верба прутовидна 2-го року відростання	412	441	363	473	481	488	505	512	518	521	481

Висота деревини культур таких як енергетична верба залежить ще від щільності висадження культури таблиця 4.4. Спосіб посадки сортів верби з різною щільністю (0,9 м x 0,7), 1,26 м<sup>2</sup> (1,8 м x 0,7 м) та 2,52 м<sup>2</sup> (1,8 м x 1,4м) показує що при меншій щільності посадки висота та діаметр таблиця 4.5. має нижчу висоту та менший діаметр.

За даними таблиці 4.4. бачимо із зменшенням щільності від 1,8 x1,4 до 0,9x0,7 середнє значення висоти для верби тритичинкової зменшується на 25 см (при від 1,8 x1,4 (306), до 0,9x0,7 (281)). Схожа ситуація спостерігається і для верби прутовидної за середнім значенням, висота зменшується на 42см. Окрім цього спостерігається також різниця висоти верб за роками. Тобто в період 2020 року висота двох видів біоенергетичної верби вища порівняно з іншими роками. А найменша висота верби спостерігається в період 2023 року. Також бачимо, що прутовидна верба має більшу висоту, порівняно з тритичинковою.

Таблиця 4.4.

**Висота енергетичної верби залежно від щільності посадки та сорту,см.**

Сорт верби	Щільність посадки, м	Рік спостереження				
		2020	2021	2022	2023	середнє
Верба тритичинкова	0,9x0,7	305	272	294	252	281
	1,8 x 0,7	322	289	315	256	295
	1,8 x1,4	326	301	330	269	306
Верба прутовидна	0,9x0,7	335	295	321	274	306
	1,8 x 0,7	347	307	338	321	328
	1,8 x1,4	371	321	365	338	348
НІР <sub>0,5</sub>		9,8	9,5	9,7	9,2	

Залежність від щільності посадки також показує і діаметр стовбура верб енергетичної верби, таблиця 4.5. – що із зменшенням щільності посадки діаметр для кожного із видів верби зменшується, для тритичинкової – від 1,71 до 1,47 за середнім значенням 2021-2023, та для прутовидної 1,65-1,42 см

(2021-2023 роки). Також спостерігається різниця між самим вербами. Для тритичинкової верби показники діаметру менші ніж для прутовидної верби за всіма роками.

Таблиця 4.5.

**Діаметр енергетичної верби залежно від щільності посадки та сорту, см.**

Вид верби	Щільність посадки, м	Рік скошування				
		2020	2021	2022	2023	середнє
Верба тритичинкова	0,9x0,7	1,50	1,47	1,45	1,48	1,47
	1,8 x 0,7	1,54	1,59	1,62	1,65	1,60
	1,8 x1,4	1,68	1,75	1,69	1,74	1,71
Верба прутовидна	0,9x0,7	1,46	1,53	1,37	1,35	1,42
	1,8 x 0,7	1,49	1,57	1,49	1,52	1,51
	1,8 x1,4	1,62	1,65	1,68	1,66	1,65
НІР <sub>0,5</sub>		0,09	0,08	0,1	0,1	

Згідно табл. 4.6 спостерігається що зі зменшенням щільності динаміка не змінилась, тобто спостерігається схожа ситуація – зменшення кількості пагонів із зменшенням щільності посадки. За внесення добрива фосфорно-калійного спостерігалось збільшення кількості пагонів на куці верби тритичинкової.

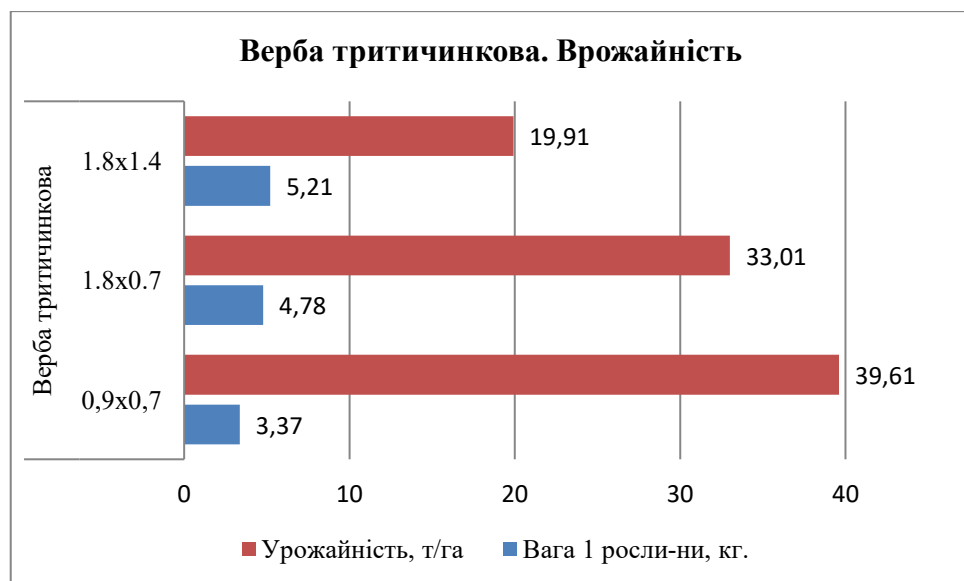
Таблиця 4.6.

**Кількість пагонів енергетичної верби в залежності від сорту та щільності посадки**

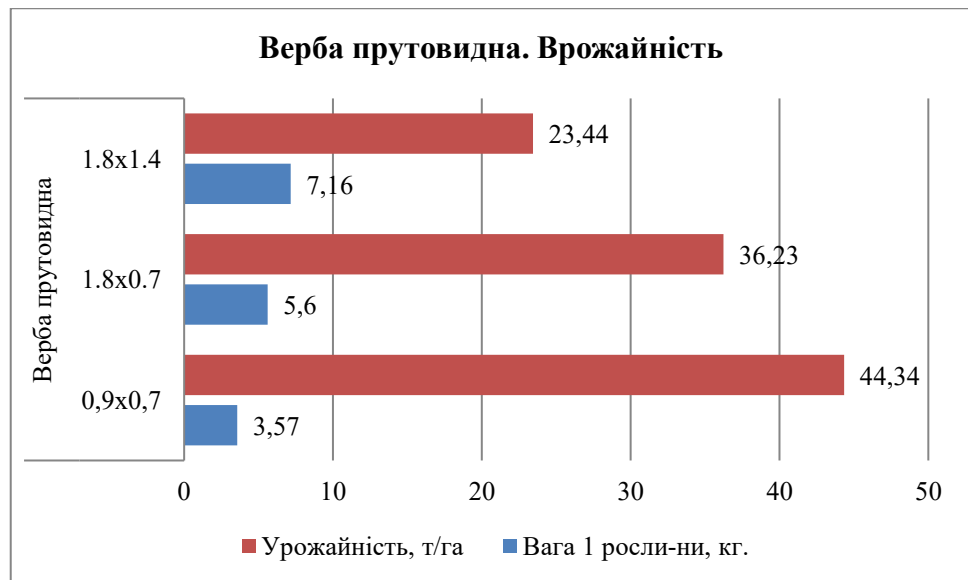
Вид верби	Щільність посадки, м	Рік скошування				
		2020	2021	2022	2023	середнє
Верба тритичинкова	0,9x0,7	14,8	14,9	15,3	14,4	14,8
	1,8 x 0,7	16,5	15,4	15,9	16,2	16,0
	1,8 x1,4	16,2	15,5	16,7	14,4	16,2
Верба	0,9x0,7	17,1	16,2	16,3	17,5	16,2

прутовидна	1,8 x 0,7	18,9	15,7	17,2	17,5	17,5
	1,8 x 1,4	19,4	18,2	20,5	19,7	19,4
НІР <sub>0,5</sub>		0,7	0,6	0,7	0,4	

Окрім структурних показників, спостерігали ще вагу однієї рослини та врожайність, які визначались в залежності від щільності посадки рослини рис. 4.1 та рис. 4.2. Згідно рисунків бачимо що знову ж таки із зменшенням щільності посадки спостерігається зменшення ваги однієї рослини, але також бачимо що врожайність, навпаки збільшується. Вага однієї рослини для тритичинкової верби зменшується від 5,21 кг до 3,37 кг, а врожайність навпаки зростає із зменшенням щільності, від 19,91 т/га зростає до 39,61. Показники для прутувидної верби були отримані такі: вага однієї рослини зменшується від 7,16 до 3,57 кг, а врожайність збільшується від 23,44 до 44,34 т/га. Порівнюючи показники врожайності між двома видами верби, то відзначились прутувидна, її найбільша врожайність становить 44,34 т/га.

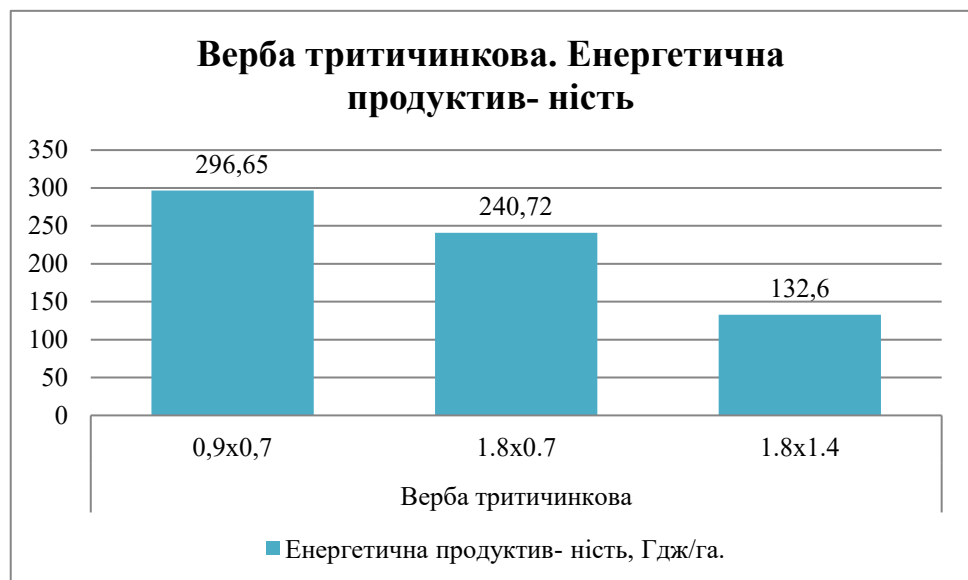


*Рис. 4.1. Вага однієї рослини та врожайність для верби тритичинкової*



*Рис. 4.2. Вага однієї рослини та врожайність для верби прутовидної.*

В залежності від отриманої врожайності спостерігається схожа ситуація із енергетичною продуктивністю енергетичної верби. Із зменшенням щільності висадження плантації енергетичних верб продуктивність рослини збільшується. Для верби тритичинкової продуктивність в залежності від зменшення щільності 1,8x1,4 - 0,9x0,7(132,6- 296,65 ГДж/га.), для прутовидної – 161,5-315,8 ГДж/га.



*Рис. 4.3. Енергетична продуктивність верби тритичинкової*



*Рис. 4.4. Енергетична продуктивність верби прутовидної*

Згідно рис. 4.3 і 4.4., найбільшу продуктивність має верба прутовидна, із меншою площею щільності 0,9x0,7 її продуктивність становить 315,80ГДж/га. Ці показники показують важливість скошування енергетичної культури.

#### **4.2. Розрахунок виходу твердого біопалива та його теплопровідної здатності**

Тверде біопаливо нормується згідно низки стандартів ДСТУ EN ISO 16559:2022 словник основних термінів, ДСТУ EN ISO 14588:2013 – терміни та поняття (види біомаси і палива, їх склад, основні властивості та аналізування палива, EN ISO 15234 – гарантія якості палива. Дані стандарти використовуються стосовно сировини для твердого палива, а саме лісогосподарська та сільськогосподарська продукція відходи рослинні, харчові, деревні та коркові.

Воно характеризується такими показниками як вологість, зольність, та теплота згорання. Згідно основних стандартів енергетична вербу можна охарактеризувати як тверде біопаливо за такими показниками: вологість при збиранні – 40-53%; Нижча теплота згорання характеризується 10-18МДЖж/кг; з елементного складу для верби характерні хлор – 0,02-0,03%, азоту – 0,5-1,0%,

сірки – 0,03-0,34%; зольність становить – 1,5-2%; температура при якій плавиться зола - >1500.

Виробництво та вихід твердого біологічного палива залежить від характеристики рослинної культури з якої виробляють тверде біопаливо. Сюди відносять сорт рослини, технологію вирощування культури, умови при яких культура росла та формувалась врожайність, процес збирання біомаси, її заготівля та процес перероблення на паливо (методика перероблення). При вдосконаленні технології вирощування та перероблення на біопаливо можливо підвищити вихід біопалива.

Теплопровідність сухої біологічної маси верби не має різниці з теплопровідністю інших культур. Вона становить 17-18 МДж/кг. Але одна верби, яка вологу 40% може забезпечити 1Гкал тепла, тоді коли суха сировина при меншій вологості (15%) дає 2 Гкал тепла.

Вихід твердого біопалива розраховується за формулою:

$$T = \frac{U \times c \times (100 + w)}{10\,000} \quad (4.1)$$

Де T – вихід твердого біопалива, т/га;

U - врожайність біомаси стебел культури, т/га;

c – суха речовина біологічної маси стебел, %;

w – вологість твердого біопалива, %.

Таблиця 4.7.

**Вихід твердого біопалива в залежності з енергетичної верби залежно від виду та щільності в однорічному віці, 2023р.**

Вид	Щільність т/га	Урожайність, т/га	Суха маса,%	Вологість біомаси,%	Вихід твердого тепла
Верба	0,9x0,7	39,61	46,4	37	25,18
тритичинкова	1,8 x 0,7	33,01	47,2	35	21,03
	1,8 x 1,4	19,91	46,7	35	12,55
Верба	0,9x0,7	44,34	46,1	34	27,39

прутовидна	1,8 x 0,7	36,23	46,8	36	23,06
	1,8 x 1,4	23,44	65,5	34	20,57

Провівши розрахунки виходу твердого біологічного палива з верби, бачимо, що в залежності щільності вирощування культур, та отриманої врожайності вихід палива також має різницю. Чим менша щільність вирощеної верби була тим більший вихід палива. Вирощування в умовах Лісостепу на заплаві р.Супій показник виходу біопалива для верби прутувидної становить 20,57-27,39 т/га, що більше ніж було отримано з тритичинкової верби (12,55-25,18 т/га).

На вихід біопалива окрім щільності вирощування культури, вплинули ще показники сухої речовини в отриманій біологічній масі культури. А отже чим менша щільність, більша врожайність та більший вміст сухої речовини, тим більший буде вихід біопалива рис. 4.5

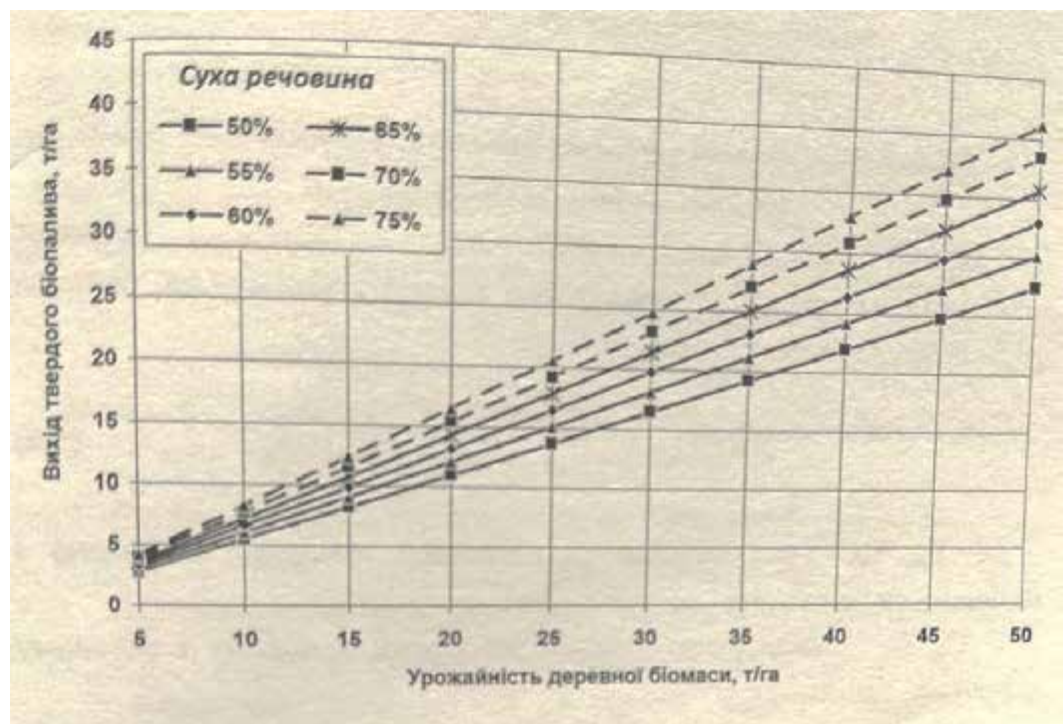


Рис. 4.5. Вихід твердого біопалива залежно від урожайності деревної біомаси та сухої речовини згідно даних В.М. Сінченка.

Згідно рисунку бачимо, що якщо зможемо збільшити врожайність енергетичної верби для двох досліджуваних видів, то можливо передбачити й збільшення кількості виходу твердого біопалива.

### **4.3. Рекомендації щодо вирощування енергетичних культур**

Вирощування та розведення енергетичних культур потребує, навіть якщо вони не мають таких особливих вимог потребують певні рекомендації в технології вирощування. Перед тим як займатися вирощуванням енергетичних культур варто визначити для чого вони вирощуються та де будуть використовуватися.

В біоенергетиці енергетичні культури в основному використовуються в якості біомаси для біопалива. Більшість енергокультур мають різні характеристики: сорт культури, період вегетації, особливі вимоги до оточуючого середовища, врожайність та й сама технологія вирощування відповідної культури.

По-перше варто приділити увагу до вибору енергетичної культури та ділянки де вона буде вирощуватися. Енергетична верба краще пристосовується в зонах Полісся, Лісостепу та Степу. Саджанці для створення енергетичних плантацій варто брати від сертифікованих підприємств.

По-друге, енергетична верба досить вологолюбна культура, а отже саджати її варто поблизу водойм, або на ґрунтах з високим вмістом вологи. З точки зору екології, доцільно спробувати осушені торфові ґрунти. Під час її вирощування культуру варто часто поливати, особливо в посушливий період, оскільки через недостатню вологу врожайність культури може бути нижчою ніж очікувалось.

По-третє, енергетична верба слабка хвороби іржі. Через це не рекомендується садити її поруч соснами та модринами. Догляд за плантаціями енергетичної верби не складний, проте цей процес відповідальний, адже від нього в основному залежить майбутня врожайність культури. Варто не забувати використання засобів проти шкідників та хвороб, та засоби від бур'янів.

Для отримання більшої врожайності та більшого виходу біопалива враховують показник щільності висаджених культур. Цей показник вкрай різний, де ведуть вирощування енергетичної верби. Рекомендована щільність становить 10 000-15 000 шт га, відстань має становити близько 0,7-0,6 м. Чим менша буде щільність посадки, тим більша буде отримана врожайність. Проте не варто надто зменшувати щільність, адже для рослини має простір в якому вона буде розвиватися.

## ВИСНОВОК

Розвиток біоенергетики є засобом для протидії зміни клімату, один із видів ведення бізнесу та альтернатива для заміни викопного палива для вироблення енергії. Для України одним із стратегічних напрямків розвитку біоенергетики є використання агросектора – біоенергетичні культури. Саме даний напрям обговорювався та досліджувався в дипломній роботі.

Біоенергетичні рослини виступають чудовою сировиною для виробництва біопалива. Взагалі біоенергетичні культури можна прокласифікувати за циклом вирощуванням, за типом та за певними характеристиками та остаточним кінцевим продуктом від рослини та походженням. Найбільш популярними біоенергетичними культурами є міскантус, сорго, тополя, павловнія та енергетична верба, яка і стала об'єктом дослідження моєї кваліфікаційної роботи. На території України значна кількість аграрних підприємств та наукових станцій які практикують вирощування енергетичних культур, та використання їх як біопаливо.

Україна завдяки значній кількості земельних угідь в тому числі осушені, малородючі та деградовані, саме на таких ґрунтах було б доцільно вирощувати енергетичні культури для біопалива. Варто також додати, що всім відходи сільськогосподарського, лісогосподарського та побутового походження стає чудовою сировиною для виробництва енергії, виробництва органічного добрив та вироблення корму для тварин, це екологічно чистий шлях позбутися відходів.

На глобальному рівні вирощування енергетичних культур має вищий рівень порівняно з Україною, оскільки більшість країн світу почали вирощувати енергокультури на біопаливо. В Європі перше місце із площ вирощування енергетичних культур займає Італія, після неї йде Польща, Швеція, Німеччина, Данія та Фінляндія.

Зібрана енергетична культура для біопалива є біомасо. Проте біомаса може бути різною в залежності від сировини яка використовується - рослинна, харчова, тваринна (гній) та стічні води. Біомас має екологічну та економічну

цінність, проте через не достатній розвиток біоенергетики її використання має недолік, особливо на початку використання – фінансування та в Україні – не достатньо розвинуте законодавство для біоенергетики.

Як джерело теплової енергії з біомаси виробляють різноманітне біопаливо, яке можна прокласифікувати за видом біопалива та за поколінням. За словами Литовських експертів найдоцільніше використовувати біопаливо другого та третього покоління – біомаса з відходів та залишків і біомаса з водоростей.

Виробництво біопалива та отримання енергії відбувається різними методами, одним із яких є відоме всім та найстаріше спалювання біомаси. Виділяють також піроліз, газифікацію, анаеробна ферментація.

Дослідження та огляд літератури перспективи розвитку біоенергетики та використання енергетичних культур для біоенергетики було здійснено згідно наведених завдання.

Дослідження проводилось на науковій Панфільській дослідній станції, де проводять вирощування енергетичних культур на органомених осушених торфових ґрунтах. Досліджувана культура є рід енергетичної верби (*Salix*), з неї три сорти - верби тритичинкових – сорт Панфільська, верби прутувидної (енергетичної) – Пафнільська 2.

В ході дослідження було проведено оцінку біоенергетичної культури, за її структурними показниками в залежності від щільності її вирощування. Згідно отриманих даних висота та діаметр рослин та кількість пагонів зменшується із зменшенням щільності посадки. Проте цей показник вплинув на врожайність навпаки, зі зменшенням щільності вона збільшилась. Порівнюючи два види верби нійвищі показники були за верби прутувидної

Енергетична верба є вигідною сировиною для виробництва твердого біопалива. Для цього дослідження було проведено розрахунок виходу твердого біопалива та теплопровідної здатності. А отже вихід твердого біопалива для верби тритичинкової згідно щільності становив (0,9 м x 0,7) – 25,18 т/га; (1,8 м x 0,7 м) - 21,03 т/га; (1,8 м x 1,4м) – 12,55 т/га, верби прутувидної

(енергетичної)..., (0,9 м x 0,7) – 27,39 т/га; (1,8 м x 0,7 м) -23,06 т/га; (1,8 м x 1,4м)- 20,57 т/га.

Згідно отриманих даних, було наведено рекомендацію, для покращення технології вирощування культури, врахувавши особливості культури та способи її вирощування. Адже при збільшенні врожайності можна очікувати і збільшення виходу біопалива.

Отже узагальнюючи все можна сказати, що вирощувати енергетичну вербу на виробництво біопаливо можливо. Вона не надто вибаглива, має високу врожайність, та за виходом енергії посідає третє місце серед популярних та розповсюджених культур з виходом енергії у 65 Гкал/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Земельний довідник України 2020» - база даних про земельний фонд України. URL: <http://surl.li/grldsu> (дата звернення: 20.01.2024);
2. Energy crops. URL: <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/energy-crops/> (дата звернення: 15.01.2024);
3. Агробіомаса як найбільша складова енергетичного потенціалу біомаси в Україні. URL: <http://surl.li/vpounf> (дата звернення 15.06.2024);
4. Агроном поділився успішним досвідом вирощування павловнії. URL: <http://surl.li/wfemgd> (дата звернення 15.06.2024);
5. Альтернатива природному газу: біомаса як джерело енергії. URL: <http://surl.li/hyggql> (дата звернення 05.07.2024);
6. Біоенергетика в Україні. URL: <https://uabio.org/bioenergy-in-ukraine/> (дата звернення: 10.12.2023);
7. Біоетанол: досвід США. URL: <https://uabio.org/materials/13332/> (дата звернення 26.06.2024);
8. Біомаса. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biomasa/> (дата звернення 01.07.2024);
9. Біопаливо – майбутнє цукрової галузі. URL: <http://surl.li/uaawak> (дата звернення 13.10.2024);
10. Біопаливо: види і джерела отримання. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biopalyvo-vydy-dzherela/> (дата звернення 24.10.2024);
11. Бурковська А.І., Бурковська А.В. Використання енергії біомаси в світі. *Аграрна енергетика в XXI сторіччі: досягнення і перспективи розвитку*. зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. Біла Церква, 2022. С.79-81 URL: <http://surl.li/pmswpo> (дата звернення 01.07.2024);
12. Вирощування міскантусу: стратегія та швидке повернення інвестицій. URL: <http://surl.li/gyjomi> (дата звернення 15.06.2024);

13. Воробей В., Мелех Я., Гудз Н. Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України. *Аналітичне дослідження*. Львів. 2018. С. 6-59. (дата звернення 01.10.2024);
14. Ворон О.А. Енергетичні культури – сировина для виробництва біопалива і відновлення порушених земель промисловими підприємствами України. *Ecology and environmental protection technologies*. С.155-158. URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/29.pdf> (дата звернення 13.10.2024);
15. Гнат І. Досвід вирощування енергетичної верби. *Перспективи вирощування енергетичної верби. Семінар*. URL: <http://surl.li/priqmp> (дата звернення 24.10.2024);
16. Держенергоефективності. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Біоенергетика. URL: <https://saee.gov.ua/uk/ae/bioenergy> (дата звернення: 11.12.2023);
17. Дзянкевич Ю.В., Гевко Р.Б., Розум Р.І., Буряк М.В. Підвищення ефективності використання твердого біопалива (огляд). *Вісник інженерної академії*. 2010. №3-4. С.213-219. URL: <http://surl.li/tecgds> (дата звернення 31.10.2024);
18. Досвід Salix energy: Вирощування енергокультур в Україні. URL: <https://uabio.org/news/7727/> (дата звернення: 10.03.2024);
19. Дубневич Ю. Потенціал біомаси у формуванні енергетичної безпеки України. *Аграрна економіка*. 2012. Т.5. №1-2 С.16. URL: <http://surl.li/fcuxnd> (дата звернення 15.08.2024);
20. Енергетична верба для твердого палива. URL: <http://surl.li/dsxxvur> (дата звернення 15.06.2024);
21. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Роїк М.В. та ін.; за редак.В.М. Сінченка. Київ, 2015 С.125-192. URL: [https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna\\_verba.pdf](https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/energetychna_verba.pdf) (дата звернення 24.10.2024);
22. Енергетичні культури в Україні: інформація з навчальної поїздки. URL: <https://saf.org.ua/news/125/> (дата звернення: 25.01.2024);

23. Енергетичні плантації в Україні. URL: <http://surl.li/wwrltv> (дата звернення 21.10.2024);
24. Енергетичні та сировинні рослині ресурси : навчальний посібник / С. М. Каленська та ін. - К. : НУБіП України, 2022. - 273 с. <http://surl.li/ebeifi> (дата звернення: 16.01.2024);
25. Єсіпов О.В. Перспективи вирощування енергетичних культур як фактор впливу на розвиток біоенергетики. 2021р. URL: <http://surl.li/czieoj> (дата звернення: 20.12.2023);
26. Загарний В. Гранульована біомаса – паливо №1. URL: <http://surl.li/wgbfnh> (дата звернення 31.10.2024);
27. Зварич І., Бринь В., Біоенергетика – альтернатива для України. «Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: пандемічний та пост пандемічний період»: зб. тез доповідей. II Міжнар. наук-практ. конф. 27 квіт. 2023р. Тернопіль: ЗУНУ, 2023, С 83-85. URL: <http://surl.li/tgipss> (дата звернення: 15.12.2023);
28. Золотовська О.В. Біомаса-енергоресурс сільського господарства. *Priority directions of science and technology development. The 3 rd International scientific and practical conference. November 22-24, 2020. Kyiv, Ukraine;*
29. Калетнік Г.М., Токарчук Д.М. Біоенергетичний напрям розвитку підприємства та національного господарства. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. Вип. 1. 2021. Київ. С.7-25. URL: <http://surl.li/rhnahj> (дата звернення: 23.06.2024);
30. Капустіна К., Кудиненко Є. Математика агробізнесу: вирощування павловнії. URL: <http://surl.li/qtqluz> (дата звернення: 07.06.2024);
31. Копчук І., Бистрицький О.. Дослідження технології виробництва твердого біопалива. *Вісник Хмельницького аціонального університету. Технічні науки*. 2023. №-3. С.55-59. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/?p=18330> (дата звернення 31.10.2024);
32. Ландін В.П., Мороз В.В., Захарчук В.А., Руденко О.М. Перспективи використання біоенергетичних культур в Україні. *Науковий вісник НЛТУ*

України. 2016. Вип. 26.5. С. 80-87. URL: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26\\_5/13.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2016/26_5/13.pdf) (дата звернення 26.06.2024);

33. Лекція 9. Вирощування та використання енергетичних культур. URL: <http://surl.li/eikzsy> (дата звернення: 02.01.2024);

34. Міскантус, буряк та сорго як біоенергетичні культури. URL: <http://surl.li/ddzfii> (дата звернення 15.06.2024);

35. Міскантус. Цінна енергетична культура. URL: <https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/news/miskantus-cinna-energetychna-kultura> (дата звернення: 09.01.2024);

36. На Волині вирощують найбільшу плантацію енергетичної верби. URL: <http://surl.li/ruanqf> (дата звернення 15.06.2024);

37. Павлонія. Головний сайт для агрономів. URL: <https://superagronom.com/slovník-agronoma/pavlovniya-id20109> (дата звернення: 15.01.2024);

38. Пастух А. Правове регулювання державної підтримки вирощування енергетичних рослин в Україні. *Підприємництво господарство і право*. 2020. С.91-96. <http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2020/6/18.pdf> (дата звернення 03.07.2024);

39. Перспективи вирощування енергетичних культур. URL: <http://surl.li/hnbres> (дата звернення: 15.12.2023);

40. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка БАУ №10. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/04/position-paper-uabio-10-ua.pdf> (дата звернення: 09.01.2024);

41. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і Україні. Вплив використання біомаси. URL: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf> (дата звернення 07.10.2024);

42. Підготовка та впровадження проєктів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні / Практик. посіб. Олійник

Є., Антоненко В., Чаплигін С., Зубенко В. Київ. 2016. С.106. URL: <http://surl.li/yfoqxo> (дата звернення 09.10.2024);

43. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України. С.8-69. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/biofin.pdf> (дата звернення 15.08.2024);

44. Пришляк Н.В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. Агросвіт.2021. №1-2. С. 33-45. URL: [http://www.agrosvit.info/pdf/1-2\\_2021/5.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/1-2_2021/5.pdf) (дата звернення 25.06.2024);

45. Ресульєва Н.Ш. Перспективи використання відходів рослинництва для вироблення біоенергії в Україні. *Економіка:реалії часу*. №4 (20).2015 <https://economics.net.ua/files/archive/2015/No4/179-185.pdf> (дата звернення: 12.06.2024);

46. Рибак А., Васильєва С.А.. Біоенергетика як джерело відновлювальної енергії – потенціал майбутньої енергонезалежності України. *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті* : зб. матеріалів доп. учасн. XXI Міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 трав. 2020 р. Київ. С. 772-780. URL: <http://surl.li/kfgaxb> (дата звернення 15.07.2024);

47. Розвиток біоенергетики в Україні: бар'єри та перспективи. URL: <http://surl.li/rpqkx> (дата звернення: 12.06.2024);

48. Роїк, М. В. Перспективи вирощування енергетичної верби для виробництва твердого біопалива. Біоенергетика. – Вип. № 2. 2013. С. 18-19.

49. Сегмент твердого біопалива у питаннях розвитку національної біоенергетики має розвиватися у чіткій відповідності завданням України у сфері енергетичної безпеки. *Державне агенство з енергоефективності та енергозбереження України*. Урядовий портал. URL: <http://surl.li/gmsfah> (дата звернення 24.10.2024);

50. Сінченко В.М., Пиркін В.І., Гнап І.В. Технологія вирощування енергетичної верби. URL: <http://surl.li/wtnazc> (дата звернення 24.10.2024);
51. Соломко Н.О. Сучасні технологічні процеси та обладнання прямого спалювання біомаси. *Професійний розвиток та формування конкурентоспроможності сучасного фахівця*. Зб. мат. всеукр. наук.-практ. інтер.-конф. Ніжин. 2019 С. 121-124. URL: <http://surl.li/jtdqtl> (дата звернення 15.04.2024);
52. Сучасні енергетичні проблеми. Реферат. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21077/> (дата звернення: 10.12.2023).
53. Технології. Міскантус: секрети вирощування від найдосвідченіших. URL: <http://surl.li/pkyzsu> (дата звернення: 29.03.2024);
54. Шафаренко Ю. Законодавча політика щодо підтримання вирощування енергетичних рослин. URL: <http://surl.li/svlmfi> (дата звернення 02.07.2024);
55. Що таке біопаливо та як його виготовляти. URL: <https://ekipagro.com/uk/shho-take-biopaliwo-i-yak-jogo-vigotoviti/> (дата звернення 13.10.2024);
56. Юрченко О.Ю., Барсукова Г.В. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики України. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: Мат. XXI Міжнар. конф. 2020. URL: <http://surl.li/rfneqa> (дата звернення: 12.06.2024);
57. Які переваги та недоліки палива з біомаси. URL: <http://surl.li/spycmg> (дата звернення 02.07.2024);
58. Яцук І.П., Матусевич Г.Д. Агроекологічний стан ґрунтів Київської області. URL: <http://surl.li/iqcuyl> (дата звернення 08.10.2024).

# ДОДАТКИ

УДК 338.4:620.9(100)

### СВІТОВЕ ВИРОБНИЦТВО БІОПАЛИВА

*Коваль Т.Р.*, магістр І р.н., факультету захисту рослин, біотехнології та екології

*Сербенюк Г.А.*, к.с.-г.н., старший викладач кафедри екології агросфери та екологічного контролю

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Сьогодні біопаливо виступає як альтернатива для звичного для всіх нас палива. Воно створюється на основі біологічно чистих відходів та чистої сировини. Його виробляють як з кукурудзи, ріпака, соломи так і з гною [1]. Потреба на альтернативне паливо зростає з кожним роком для того, щоб забезпечити найбільшу екологічність. Його розвиток досить актуальний, оскільки це дозволить вирішити всесвітньо відому проблему як зменшення нафти та інших викопних палив, зменшення шкідливих викидів в атмосферу [2].

З метою збільшення попиту на виробництво та використання біопалива було створено глобальний альянс під час з'їзду саміту G20 в Індії. Даний альянс об'єднав 19 країн та 12 міжнародних організацій, з ціллю поширювати використання біопалива. Країни, що увійшли до альянсу почали впроваджувати змішування біопалива з традиційним бензином. Завдяки цьому вони хочуть зменшити викиди від звичайного викопного палива. Наприклад США має на меті збільшити кількість біопалива. Нафтопереробні компанії повинні змішувати 10% біопалива зі звичайним паливом впродовж трьох років. Індія прагне встановити 20% вмісту біоетанолу в бензині, здійснити це вона хоче до 2025 року [3].

Серед 19 країн які входять до Альянсу, найбільшими виробниками біопалива є США та Бразилія, до них також приєднується й Сінгапур, Аргентина, Південна Африка та Об'єднані Арабські Емірати. За статистикою глобального альянсу передове місце з виробництва біопалива у 2023 році все-таки за США – 1626,6 млрд л, на другому місці Бразилія – 914,5 млрд л [3].

США лідер у виробництві біопалива. Основними сировинами для біопалива є кукурудза для виготовлення біоетанолу, та соєві боби для виробництва біодизелю. Успіхи Бразилії у зайнятті другого місця по виробництві біопалива пояснюється великими масштабами виготовлення цукрових тростин, з яких виробляють паливний етанол, та соєвих

бобів. Відходи, що утворилися від цукрової тростини, вони ж багаса та виділення з неї соку, Бразилія використовує на цукрових заводах та пов'язаних з ними виробництва. Це дає їм можливість підвищити свою енергетичну автономність. До того ж з багаси часто виходить багато електроенергії, щоб не лише жити фабрики, а й експортувати її [4].

До світових виробників рідкого біопалива можна віднести ще Китай. Ця країна досить швидко нарощує виробництво біоетанолу. Причина подібно, як всім відомо, це погана якість

повітря, саме тому влада почала шукати нові шляхи для скорочення кількості шкідливих викидів. Сьогодні влада Китаю має намір збільшити виробництво «зеленого» палива, використовуючи для його створення целюлозу [4]. У 2023 році Китай зміг зайняти 4 місце з виготовлення біопалива. На той час вони змогли виготовити 148,4 млрд. л чистого біопалива.

Серед європейських країн найбільшими виробниками біопалива вважаються Німеччина, Франція та Угорщина. Німеччина є одним із лідерів європейських країн у галузі із «зеленої» енергетики. За статистикою по виготовленню біопалива, країна зайняла 5 місце після Китаю, виготовивши 137,7 млрд. л біологічного палива в 2023 році [3]. Основною сировиною для виготовлення біодизелю є рапе та соняшникова олія. Вони також експортують за кордон значну частину власне створеного біодизеля. Головним імпортером для Німеччини є Нідерланди. Також до покупців можна віднести Польщу, Австрію, Бельгію та США [4].

Проте у виробництві та використанні біопалива є багато спірних питань. Виробництво біопалива може спровокувати підвищення цін на продукти харчування, зменшення врожаїв культур, зменшення їх надходження на харчові продукти, оскільки більша їх частина буде йти на виготовлення біопалива. Це змусить підвищити вирубки лісів, осушення боліт та перетворення їх на поля для вирощування сільськогосподарських культур. Все це може спровокувати збільшення парникових газів. А отже ці питання досить важливі. Цю ситуацію можливо вирішити лише за допомогою створення та розробки нових технологій, та вдосконалення старих для виробництва біопалива, щоб зробити їх більш екологічно чистими. [2].

Отже, можна сказати що питання світового виробництва біопалива досить складне, проте сьогодні, воно актуальне. Його виготовлення має свої переваги та недоліки, які варто взяти до уваги, та обов'язково розглянути, якщо ми надалі збираємось розвивати галузь з виготовлення біопалива.

#### Список використаних джерел:

1. Що таке біопаливо і як його виготовляти? URL: <https://ekipagro.com/uk/shho-take-biopalivo-i-yak-jogo-vigotoviti/>
2. Матвіцький М. Розвиток біопалива у світі. *Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання*. Мат. VI Міжнар. Студ. наук.-техн. конф: 2023, 274-275. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41319/2/274-275.pdf>
3. The Global Biofuel Alliance has just launched, but what exactly are biofuels? URL: <https://www.weforum.org/agenda/2023/10/global-biofuel-alliance/>
4. «Зелена» енергія і біопаливо: хто в світі успішно зловив хвилю біоенергетики. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/chista-energiya-dlya-novoji-ukrajini/zelena-energiya-i-biopalivo-dosvid-ukrajini-yevropi-ta-ameriki-50112746.html>

УДК 502/504:577.23:602.3

## **БІОМАСА В БІОЕНЕРГЕТИЦІ: ТЕНДЕЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТА ВИКЛИК ДЛЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

*Коваль Т.Р.*, магістр 2 р.н., факультету захисту рослин, біотехнології та екології

*Сербенюк Г.А.*, к.с.-г.н., доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Альтернативна енергетика давно стала глобальним трендом: енергія вітру та сонця, виробництво біогазу чи біоетанолу не лише замінює дороговартісний природний газ, а й сприяє розв'язанню екологічних проблем. Перехід до ефективних моделей виробництва та споживання сприятиме економіці та бізнесу.

Для виробництва біогазу, біоетанолу чи іншого виду палива, біомаса виступає як одним із основних і давніших ресурсів, використання якої раніше обмежувалося прямим спалюванням. Біомаса – не викопна біологічно відновлювальна речовина, яка має органічне походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва та тваринництва), промислових та побутових відходів, які здатні до біологічного розкладу. Дане визначення було введено в українське законодавство, відповідно за встановленою Директивою ЄС (RED і REDII) [1].

У наш час увага до ефективного використання біомаси значно зросла. Нові аргументи цього включають:

- Можливість використання рослинної біомаси без збільшення викидів CO<sub>2</sub>, завдяки її відновленню, наприклад посадки дерев після вирубки;
- Промислово розвинені країни мають надлишки оброблювальної землі, що можна використати для енергетичних цілей тоді як у країнах, що розвиваються можна використовувати низькопродуктивні землі під енергетичні плантації;
- Використання енергії з відходів (сільськогосподарських, промислових і побутових) допомагає вирішувати екологічні проблеми.

- Нові технології дозволяють використовувати біомасу більш ефективно.

Проте біомаса в сучасному світі має певний ефект в економічному плані та в плані навколишнього середовища. Її вирощування має значний вплив на різноманітні аспекти, включаючи біорізноманіття, запаси вуглецю, ґрунт та якість повітря. В соціальному аспекті, вирощування впливає на питання прав землі, умов праці та потенційну конкуренцію з використання ресурсів (біомаси) місцевими громадами країн, що розвиваються.

Використання рослин, їх відходів, харчових та промислових відходів для енергетичних цілей є екологічно виправданим рішенням. Біомаса як поновлювальний ресурс на основі вуглецю, який утворюється при згорянні. Проте існують потенційні екологічні ризики, які пов'язані з методами використаними в цих процесах можуть призвести до збитків середовищу, так само як і інші енергетичні відділи.

Для біомаси вирощування енергетичних культур вимагає значних земельних ресурсів. Найпоширенішими є високоцелюлозні трави та інші неїстівні рослини, які мають подібний екологічний вплив, як і харчові культури, оскільки потребують боротьбу з шкідниками, поливу та заходів протидії з ерозіями.

Вирубка лісів може призвести до збільшення до збільшення викидів парникових газів. Близько 25-30% річних викидів парникових газів є результатом саме вирубки лісів. Зазвичай такі наслідки зменшуються за рахунок постійного насадження нових лісів. Як відомо, монокультура може погіршувати біорізноманіття. В лісових плантація, які часто складається з одного виду дерев, не мають змоги підтримувати життя різноманітних тварин, яке притаманне природним лісам. Окрім цього постійний ріст попиту на деревні гранули змушує підвищувати ціну на сиру деревину, що сприяє експлуатації біологічно різноманітних лісових масивів. Нові дерева часто не висаджуються у місцях, де ліси були вирубані для палива, це призводить до повної втрати потенціалу поглинання вуглецю.

Як і будь яка електростанція, заводи з використанням біомаси можуть впливати на рівновагу місцевих водних джерел. Оскільки вони споживають значні обсяги води – від 90 000 до 200 000 літрів на мегават-годину, яка потім виводиться назад до ґрунтів і підземних вод, при підвищеній температурі, що негативно може вплинути на екосистеми. А скис поживних речовин з енергетичних культур також може зашкодити водним ресурсам. До того вирощування енергетичних культур в регіонах з низькою кількістю опадів взагалі погане рішення [2].

Попри те, що біомаса вважається відносно чистим джерелом енергії, порівняно з викопними паливами, при її спалюванні все ще утворюються шкідливі токсини, які відрізняються в залежності від сировини рослини, але загальні це оксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю та тверді частинки. А транспортування відходів від лісового господарства та промисловості до заводу біомаси супроводжується викидами парникових газів від палива, яке

використовується для перевезення. Це може вплинути на навколишнє середовище як вторинний аспект у контексті виробництва енергії з біомаси, що є значущим аспектом.

Отже біомаса в біоенергетиці відіграє значну роль у сучасному світі, сприяючи зменшенню використання вуглеводнів та зниженню викидів парникових газів. Проте її використання пов'язане з важливими викликами для навколишнього середовища, такими як вплив на біорізноманіття, на водні ресурси та зміни використання земель. Ефективне і стале використання біомаси потребує ретельного управління ресурсами та розробки екологічно безпечних технологій.

#### **Література:**

1. Перспективи розвитку ринку біомаси в ЄС і в Україні. Вплив використання біомаси на зміну клімату. URL: <https://uspp.ua/assets/doc/uspp-biomass.pdf> (дата звернення 20.09.2024).
2. Біомаса. URL: <https://eenergy.com.ua/baza-znan/biomasa/> (дата звернення 20.09.2024).

**УДК 620.925(477)**

#### **БІОПАЛИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ**

*Коваль Т.Р., студентка I курсу, магістр, факультету захисту рослин, біотехнології та екології*

*Сербенюк А.А., к.с.-г. наук, старший викладач кафедри екології та екологічного контролю  
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Будь яке джерело енергетики, яке не належить до викопних палив є альтернативною енергетикою. До таких джерел варто віднести вітрову енергію, сонячну енергію, енергія морів та річок, а також біомасу. Біомасою вважають органічні продукти, наземний, підземний живий та не живий матеріал, до яких відноситься коріння дерев, чагарники, звичайна трава, енергетичні культури та лісова підстилка. Вирощування енергетичних культур досить значно розповсюдились у великій кількості країн. Наприклад Німеччина, вирощування біокультур

займає приблизно 2,1 млн.г, що становить 12,5% від сільськогосподарських земель у використанні [1].

Оскільки Україна має на меті інтеграцію в ЄС, то розвиток біоенергетики посідає особливе місце, адже використання альтернативної енергетики не нижче європейського рівня є однією із вимог країнам ЄС. Значною складовою біоенергетичного сектору ЄС є енергетичні культури. Економіка України спрямована на аграрний сектор серед НВДЕ (нетрадиційні і відновлювальні джерела енергії), вона здатна розвивати біоенергетику. За енергетичною стратегією України до 2030 року, очікують, біопаливо буде здатне кожного року забезпечувати заміщення 9,2 млн. т у. п. викопного палива, та використання залишків від звичайних сільськогосподарських культур [2].

Беручи до уваги ґрунтово-кліматичні особливості нашої держави, які є сприятливими для вирощування більшості рослин, більш перспективним видом для біоенергетики є фітоенергетика, походження якої є рослини, їх залишки. При згоранні рослин, в повітря викидається значно менша частина вуглекислого газу, ніж при поглинанні фотосинтезу, в 3-4 рази менше золи, порівняно з вугіллям. В процесі виробництва біогазу або біопалива, побічною продукцією стає органічна речовина, яка стає гарним добривом у використанні [2]. Завдяки вирощуванню енергетичних культур, в рік можливо замістити 20 млрд. м<sup>3</sup> газу – річний видобуток природного (викопного) газу [3].

На території України під вирощування енергетичних культур відведено лише 5,4 тис. га. До того ж значна частина від 1 до 4 млн га є не малопродуктивними або ж деградованими землями, на територіях яких культивування звичайних сільськогосподарських культур є неефективно [4]. На цих землях можливо вирощувати енергетичні культури, що дозволяє зберегти та покращити стан ґрунту, його екологічний стан.

Біосировиною може виступати ріпакова олія, яка є основною сировиною для біодизельного палива. За останні 10 років, виробництво ріпаку збільшилось в декілька разів, збільшуються і площі його посіву. Україна наразі займає 5 місце у світовому рейтингу з виробництва ріпаку. Також завдяки високій продуктивності та якості, провідне місце займає цукроносні культури, як от цукрові буряки, цукрове сорго). Також особливу увагу заслуговують багаторічні культури, для забезпечення виготовлення твердого біопалива. До біоенергетичних рослин також ще відносять кукурудзу, пшеницю, картоплю.

А отже використання альтернативної енергетики, на прикладі біопалива з енергетичних культур є досить перспективно та чисто екологічно. Проте розвиток даного напрямку є досить

тривалим процесом, який поєднує постання стабільної сировинної бази та її розвиток, зважаючи на переробку енергетичної сировини.

#### Список використаних джерел

1. Перспективи вирощування енергетичних культур. URL:<https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichni-hektar/item/15376-perspektyvy-vyroshchuvannia-enerhetychnykh-kultur.html>. (дата звернення 18.09.2023)
2. Біоенергетичні культури:перспективні вирощування та використання. URL:<http://libr.rv.ua/ua/virt/135/> (дата звернення 18.09.2023)
3. Енергетичні культури можуть замінити річний видобуток газу в Україні. 2017. URL : <https://propozitsiya.com.ua/energetichnimi-kulturami-vukrayini-mozhna-zamistiti-richniy-vidobutok-gazu> (дата звернення 18.09.2023 р.).
4. Енергія, що росте на полях. URL:<https://www.epravda.com.ua/columns/2021/05/24/674199/>