

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему **Дослідження життєвого циклу вирощування енергетичних культур**

Здобувач Бароліс С.О.

2 курсу ТЗС-467 групи

Керівник доцент Шевченко Р.І.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2024 р., протокол № _____

Завідувач кафедри ЕВтаІТ _____ **Олексій ГАРКОВИЧ**

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища» Освітня
програма Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри
к-т біол. наук, доц.

_____ **Олексій ГАРКОВИЧ**

“ _____ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ **Бароліса Станіслава Олександровича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження життєвого циклу вирощування енергетичних культур»

Затверджена наказом ОНТУ від “28” березня 2024 р. № 139-03

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технології вирощування в умовах України та використання енергетичних культур, методологія оцінки життєвого циклу відповідно до ДСТУ ISO 14040

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) обґрунтування актуальності роботи та методів дослідження, екологічні аспекти технологій вирощування та використання енергетичних культур, оцінка життєвого циклу технологій вирощування енергетичних культур, обґрунтування рекомендацій з мінімізації впливу на довкілля

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) таблиці та схеми, інші ілюстрації, що відображають хід виконання кваліфікаційної роботи магістра, висновки та рекомендації роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітичний огляд літератури	Шевченко Р.І., к.т.н., доц.	28.03	24.09.
2 Об'єкт та методи дослідження	Шевченко Р.І., к.т.н., доц.	28.03	01.10.
3 Дослідження життєвого циклу вирощування енергетичних культур	Шевченко Р.І., к.т.н., доц.	28.03	12.11
4 Охорона праці	Шевченко Р.І., к.т.н., доц.	28.03	29.11
5 Цивільний захист	Шевченко Р.І., к.т.н., доц.	28.03	01.12

7. Дата видачі завдання 28.03.2024 р.

Керівник..... Роман ШЕВЧЕНКО

Завдання прийняв до виконання _____ Станіслав БАРОЛІС

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування актуальності, уточнення цілей та обсягу дослідження	20.09.24	
2	Інвентаризація екологічних аспектів вирощування енергетичних культур	11.10.24	
3	Оцінка впливу вирощування енергетичних культур на довкілля	07.11.24	
4	Обґрунтування природоохоронних заходів	14.11.24	
5	Охорона праці, цивільний захист	25.11.24	
6	Висновки та рекомендації	1.12.24	
7	Оформлення результатів виконаної роботи	10.12.24	

Здобувач-дипломник _____ Станіслав БАРОЛІС

Керівник роботи _____ Роман ШЕВЧЕНКО

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Бароліс Станіслав Олександрович _____

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи: сторінок – 92, рис. – 23 табл. – 9 формули – 20, література – 76.

Перелік ключових слів: сільське господарство, енергетичні культури, оцінка життєвого циклу, відновлювальні джерела енергії.

Тема: Дослідження життєвого циклу вирощування енергетичних культур.

Об'єкт дослідження – процеси вирощування енергетичних культур.

Предмет дослідження – екологічна ефективність життєвого циклу енергетичних культур.

Метою дослідження є дослідження впливу на довкілля життєвого циклу енергетичних культур.

У першому розділі розглянуто сучасний стан та перспективи енергетичного використання продукції сільського господарства України. Детально розглянуто традиційні та перспективні культури, які можуть використовуватись в якості джерела енергії як при прямому використанні, так і після переробки.

В другому розділі описано об'єкт та методи дослідження, розроблено програму та обрано методи дослідження.

В третьому розділі проведено оцінку життєвого циклу вирощування енергетичних культур, обґрунтовано підходи до оцінки ефективності їх життєвого циклу та проведено відповідні розрахунки.

В четвертому та п'ятому розділах розглянуто окремі питання охорони праці та цивільного захисту для стосовно сільського господарства.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I Аналітичний огляд літератури.....	8
1.1 Перспективи подальшого розвитку енергетичної складової сільськогосподарства.....	8
1.2 Ідентифікація об'єкту дослідження.....	9
1.3 Обґрунтування вибору енергетичних культур.....	11
1.4 Перспективні для України види енергетичних культур.....	15
1.4.1 Виробництво біоетанолу.....	15
1.4.2 Виробництво біодизеля.....	20
1.4.3 Виробництво біогазу.....	21
1.4.4 Виробництво твердого палива.....	25
Висновки до розділу I.....	36
РОЗДІЛ II Об'єкти і методи дослідження.....	37
2.1 Об'єкт дослідження.....	37
2.2 Схема проведення досліджень.....	37
2.3 Методи дослідження.....	39
Висновки до розділу II.....	40
РОЗДІЛ III Оцінка життєвого циклу вирощування енергетичних культур.....	41
3.1 Обґрунтування життєвого циклу вирощування енергетичних культур.....	41
3.2 Обґрунтування методики розрахунку впливу життєвого циклу енергетичних культур на довкілля.....	51
3.3 Розрахунок впливу життєвого циклу енергетичних культур на довкілля.....	64
Висновки до розділу III.....	68
Розділ IV Охорона праці. Охорона праці при використанні механізованих засобів в технології вирощування енергетичних культур.....	70

Розділ V Цивільний захист. Захист населення в зоні радіоактивного зара- ження	76
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	84

ВСТУП

Заміна традиційних видів палива відновними джерелами енергії дозволяє досягти кілька корисних ефектів: отримати більш екологічно чисту енергію, забезпечити енергетичну незалежність, отримати позитивний економічний ефект.

Основною перевагою вирощування і переробки продукції рослинництва для виробництва екологічно безпечних енергетичних ресурсів є її багатоваріантність: вона може використовуватись в енергетичних цілях шляхом прямого спалювання, а також в переробленому вигляді (рідке або газоподібне біопаливо).

В той же час вибір енергетичної культури залежить від багатьох екологічних, технічних та економічних факторів та визначає найбільш ефективний спосіб її енергетичного використання.

Актуальність роботи пов'язана з необхідністю еколого-економічного обґрунтування вибору енергетичних культур та способів їх енергетичного використання.

Наукова новизна – на основі проведеного дослідження здійснено еколого-економічне обґрунтування вибору енергетичних культур, що дозволить підвищити екологічну ефективність їх життєвого циклу, зменшити навантаження на природне середовище.

Практична цінність результатів роботи: проведений аналіз дозволяє обґрунтовано проводити вибір енергетичних культур з урахуванням мінімального впливу на довкілля процесів вирощування, переробки та енергетичного використання.

Мета кваліфікаційної роботи: дослідження впливу на довкілля життєвого циклу вирощування енергетичних культур.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні **завдання:**

- дослідити перспективність розвитку енергетичної складової сільського господарства;
- ідентифікувати об'єкт дослідження у відповідності із завданням;

- обґрунтувати вибір перспективних для України видів енергетичних культур;
- дослідити життєвий цикл вирощування енергетичних культур;
- обґрунтувати необхідні зміни в методиці розрахунку впливу життєвого циклу енергетичних культур на довкілля;
- апробувати методику розрахунку екологічну ефективність виробництва енергетичних культур та сформулювати відповідні висновки.

РОЗДІЛ І

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Перспективи подальшого розвитку енергетичної складової сільського господарства

У відповідності до Закону № 1430-IV від 04 лютого 2004 р. «Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» Україна ратифікувала Кіотський протокол [1], взявши на себе зобов'язання щодо викидів парникових газів, основним джерелом яких є викиди від спалювання викопних видів палива.

Також саме енергетична сфера визнана пріоритетною відповідно до Закону України «Про загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу» № 1629-IV від 18 березня 2004 року [2].

З переліку заходів, що взяла на себе Україна у відповідності з «Національним планом заходів з реалізації положень Кіотського протоколу до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату», затверджений 18 серпня 2005 р. Кабінетом Міністрів України до основних можна віднести такі, що стосуються взаємопов'язаних заходів із збереження довкілля та покращення в енергетичній сфері [1, 3]:

- підвищення ефективності використання енергії;
- охорона та поліпшення якості поглиначів і накопичувачів парникових газів;
- заохочення форм сталого та раціонального ведення сільського господарства у контексті урахування особливостей зміни клімату;
- проведення досліджень, сприяння широкому використанню та впровадженню нових і відновлюваних видів енергії, технологій поглинання двоокису вуглецю;
- заохочення належних реформ з метою сприяння реалізації політики

та заходів обмеження або скорочення викидів парникових газів;

- заходи обмеження та/або скорочення викидів парникових газів; безпечних технологій;

- обмеження та/або скорочення викидів метану шляхом рекуперації та його повторного використання у процесі видалення.

Отже, дослідження в сфері використання енергетичних культур як такі, що дозволяють виконати міжнародні зобов'язання України, є актуальними.

1.2 Ідентифікація об'єкту дослідження

В сучасному світі все більша увага приділяється розвитку альтернативних відновлюваних джерел енергії, оскільки викопна паливна сировина має тенденцію до виснаження, а ціни на неї регулярно зростають. В сільському господарстві відновлювані джерела енергії також стали особливо цікаві не тільки з точки зору їх використання, але і з точки зору економічної доцільності розвитку нових напрямків бізнесу та їх диверсифікації.

Колись можна було займатися сільським господарством вирощуючи продукти харчування, корми та технічну продукцію, але на сьогоднішній день все більшу увагу аграрії звертають на продукцію енергетичного призначення.

З метою енергетичного використання можуть бути використані традиційні культури: зернові, олійні, технічні; відходи, отримані при їх збиранні та переробці; а також відносно нові культури, основним призначення вирощування яких є енергетичне використання.

За [4] **енергетичні культури** – це спеціальні рослини, які спеціально вирощуються для використання в якості біопалива та/або подальшого виробництва енергії.

Згідно із визначенням Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, **енергетичні культури** – це рослини, які вирощують

спеціально для того, щоб у майбутньому використати їх як паливо (біоенергетичне паливо) [5].

Слід зазначити, що таке визначення не охоплює повний спектр відновлювальних видів сировини, що використовуються безпосередньо або після певної переробки в якості енергетичних ресурсів.

Фактично енергетичні культури є сировиною рослинного походження, яка використовується для енергетичних цілей прямо або у переробленому вигляді:

- газоподібне паливо: біогаз, біометан, синтез-газ та ін.;
- рідке паливо: біодизель, біоетанол;
- тверді види палива: дрова, пелети та ін..

Доцільно розглядати енергетичні культури з точки зору біоенергетики. **Біоенергетика** – така діяльність, яка використовує масу біологічного походження, тобто таку органічну речовину, що містить вуглець і є джерелом відновної енергії. Біоенергетика є такою складовою традиційної енергетики, яка використовує органічну біологічну масу, яку переробляє за допомогою технічних засобів та виробляє енергію.

В [8] **біоенергетика** визначається як міждисциплінарна екологічна галузь науки та агропромислового комплексу, пов'язана з вирощуванням біоенергетичних культур, переробкою сировини біологічного походження в різні види енергетичних ресурсів, їх зберіганням та транспортуванням, продажем, використанні об'єктів енергетики.

Біоенергію як відновлювальну енергію визначають Міжурядова група з питань зміни клімату [9] та Міжнародне енергетичне агентство в [10].

Джерелом біомаси можуть бути сільськогосподарські культури, які мають високу теплотворну здатність, деревовидні та трав'янисті багаторічні рослини, а також відходи сільського (в тому числі лісового) господарства. В науковій літературі визначають чотири типи біомаси (рис. 1.1) [11].

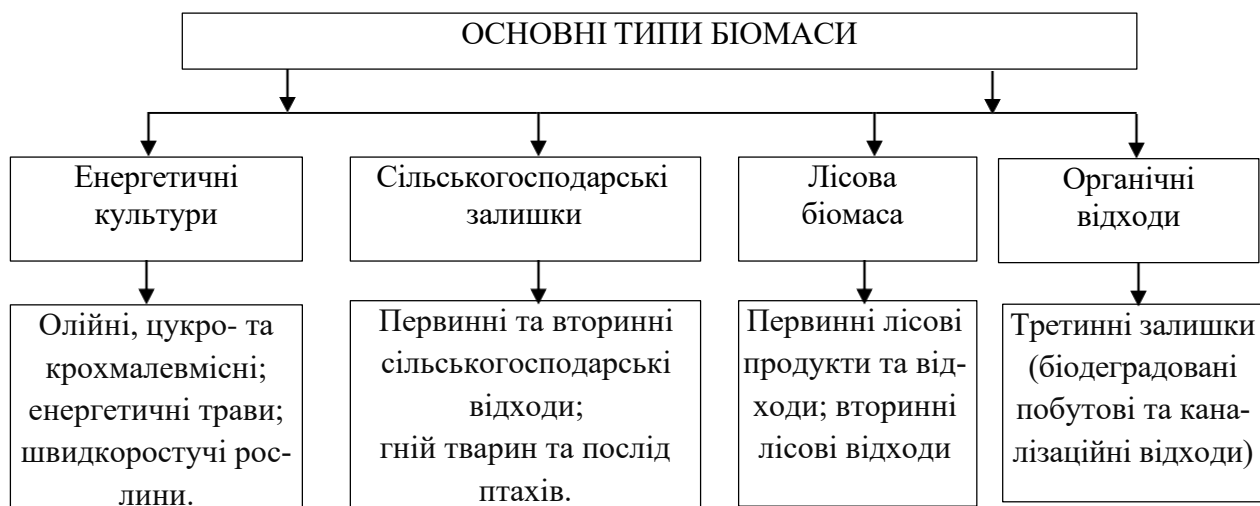


Рис. 1.1 – Основні типи біомаси

Резюмуючи викладені вище думки, можна зробити висновок, що продукція сільського господарства може вважатись енергетичною культурою, якщо використовується в якості сировини для виробництва енергії безпосередньо, або після переробки. Також слід приймати до уваги, що енергетичні культури не є єдиним джерелом відновлювальної біоенергії, тому питання доцільності використання різних традиційних видів сільськогосподарської продукції та спеціально вирощених культур в якості енергетичних потребує додаткового дослідження.

1.3 Обґрунтування вибору енергетичних культур

Обґрунтування вибору культури в якості енергетичною, на думку автора, має містити оцінку ефективності сукупної можливості отримання певного виду енергетичного палива (тверде, рідке, газоподібне) в залежності від потреб споживача. При цьому мають бути враховані екологічні умови вирощування, потенціал продуктивності культури та технічні можливості щодо її переробки.

В літературі такий потенціал називається «біоенергетичний потенціал».

Біоенергетичний потенціал будь-якої господарюючої системи можна розглядати як сукупну можливість виробництва матеріальних благ з застосуванням ресурсів, які системно пов'язані між собою [11].

Для оцінювання при цьому використовують так званий «результативний підхід», який оцінює категорію «біоенергетичний потенціал» через представлення енергетичної культури у вигляді виробничої системи, яка використовує доступну та ймовірну (в результаті підвищення врожайності, ефективності переробки та інше) біомасу та має потенційну можливість виробляти енергетичний ресурс певного складу та якості в певному обсязі.

За таким підходом поняття «біоенергетичний потенціал» розглядається у взаємозв'язку з виробничими процесами, в результаті яких біомаса сільськогосподарської продукції перетворюються в паливо.

Отже, біоенергетичний потенціал енергетичної культури можна розглядати як сукупність відновлюваних ресурсів і складових природного середовища, що можуть бути використані для генерації енергії в теперішній час і в перспективі забезпечувати вимоги сталого природокористування.

Виходячи з визначення, яке надається поняттю «біоенергетичний потенціал», його структуру можна показати через дві його складові: ресурсну та результативну (рис. 1.2).

Найбільшим біоенергетичним потенціалом володіють ресурси сільського господарства у вигляді відходів рослинництва, тваринництва та деревообробки. Останнім часом нарощуються обсяги виробництва енергетичних культур.

З огляду на відновлюваність, доступність, наявність технічних засобів та технологій виробництва та переробки біомаса, яку продукує сільське господарство може забезпечити не лише продовольчу, а й енергетичну безпеку держави.

Для умов України (європейська кліматична зона) до енергетичних традиційно відносять однорічні рослини з високим вмістом цукру та крохмалю (зернові культури, кукурудза на зерно, картопля, цукрові буряки), з яких шляхом спиртового бродіння виробляють етиловий спирт (етанол); олійні (соняшник, ріпак, олійний льон), з яких виробляють біодизель, а також багаторічні трави: міскантус гігантський, мальва пенсільванська, топінамбур та інші, деякі сорти трав [12], які використовуються для безпосереднього спалювання у вигляді соломи, січки, у вигляді пелет чи тюків, та ін..

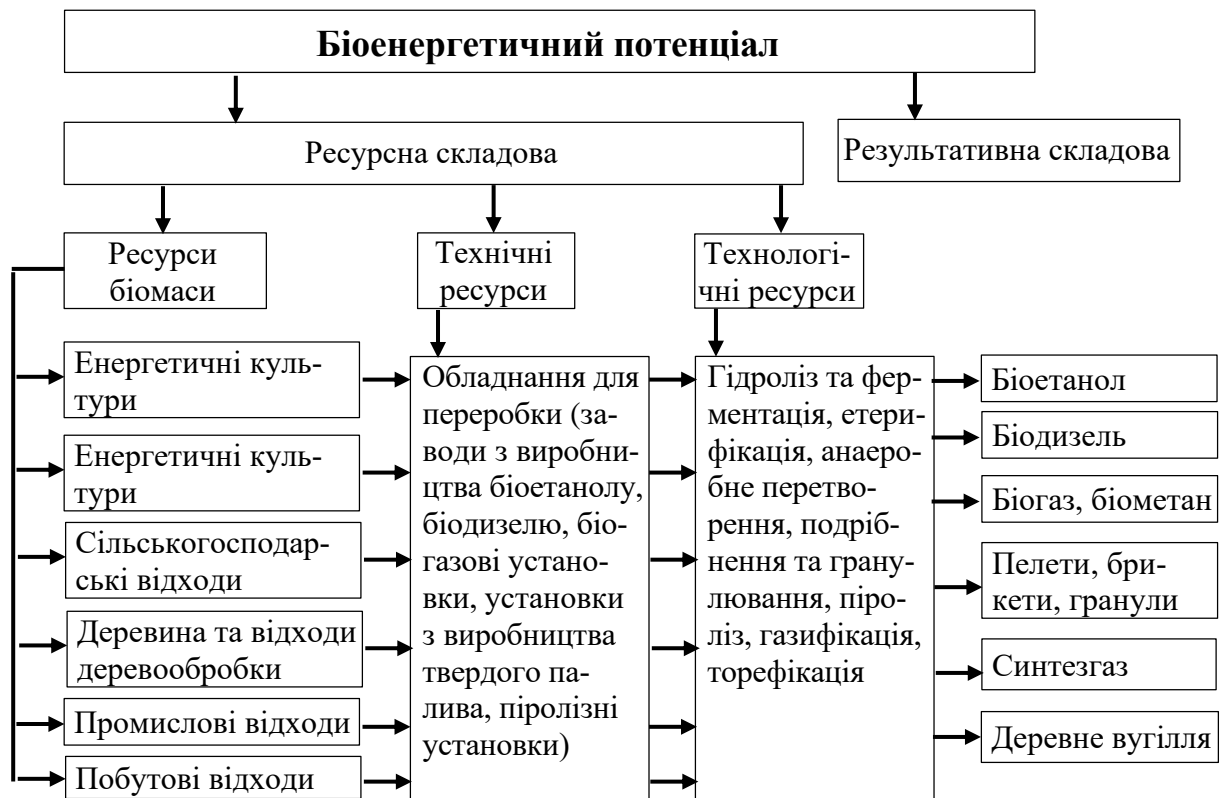


Рис. 1.2 – Концепція складових біоенергетичного потенціалу [12, 13]

При вирощуванні, збиранні, зберіганні, переробці, підготовці до продажу, під час та після використання сільськогосподарської продукції утворюється значна кількість відходів, які можуть бути використані як біоенергетична сировина. На жаль, ситуація на сьогоднішній день така, що більшість таких відходів не використовуються, створюючи екологічні проблеми.

Визначаючи ефективність виробництва біопалива, важливо враховувати усі ефекти, що його супроводжують. Розрізняють чотири основні взаємопов'язані ефекти від виробництва та споживання біопалива: економічний, екологічний, енергетичний та соціальний.

Енергетичний ефект виробництва біопалива з високим енергетичним балансом полягає у зниженні залежності від імпорту нафтового палива шляхом його заміщення біопаливом власного виробництва. Зниження обсягів імпорту енергоресурсів покращує енергетичну безпеку держави.

Соціальний ефект полягає у створенні додаткових робочих місць, переважно у сільській місцевості, і, як наслідок, зменшення рівня безробіття та соціальних виплат. Також підприємства з виробництва біопалива сприяють розвитку

інфраструктури навколишніх територій.

Екологічний ефект полягає у зниженні викидів парникових газів, насамперед вуглекислого газу, та інших шкідливих речовин в атмосферу, які надходять у навколишнє середовище внаслідок виробництва, транспортування, переробки та використання викопних видів палива. Використання біопалива матиме позитивний вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення, сприятиме зниженню витрат на боротьбу з негативними екологічними явищами. Вирощування енергетичних культур може сприяти зменшенню забруднення ґрунтів та водойм органічними відходами сільського господарства, запобіганню ґрунтовій ерозії.

Економічний ефект забезпечується досить високою рентабельністю виробництва, що має тенденцію до підвищення, додатковими надходженнями до бюджету, економією коштів на закупівлю імпортного палива, що постійно дорожчає, зменшенням витрат на захист навколишнього середовища. Слід зазначити, що рентабельність виробництва біопалива не є усталеною величиною і значною мірою залежить від сировини, з якої воно виготовляється, та технологічного процесу. Проте при обрахунку собівартості виробництва біопалива зазвичай не враховують непрямого ефекту від його використання.

Важливою та цінною особливістю біопалива є його відновлювана природа, яка створює можливості для сільськогосподарського сектору виступати як виробником, так і споживачем енергетичної продукції. Це, а також економічна ефективність та екологічні вигоди є основними факторами, що спонукають світову спільноту виробляти біопаливо. Сприятливі кліматичні умови, родючий ґрунт і наявність виробничих потужностей в Україні дозволяють вирощувати і переробляти набагато більші обсяги сільськогосподарської продукції, ніж зараз. Налагодження виробництва біопалива буде сприяти створенню нових робочих місць та розвитку інфраструктури в сільській місцевості.

1.4 Перспективні для України види енергетичних культур

Розглянемо енергетичні культури, що вирощуються чи придатні для вирощування в Україні, розподіливши їх за типом енергоресурсу, який з них виробляється.

1.4.1 Виробництво біоетанолу

Біоетанол – це біологічний продукт перетворення вуглеводовмісної сировини (фракцій біомаси та/або органічних відходів) з регламентованою кількістю супутніх і модифікованих домішок [15].

В даний час біоетанол є одним з найпопулярніших видів рідкого біопалива в світі, його використання дозволяє подолати енергетичну залежність і значно знизити негативний вплив на навколишнє середовище в порівнянні з використанням традиційного палива.

Біоетанол використовується для заміни або добавки до бензину.

Особливістю біоетанолу є те, що він може підвищити октанове число та виключити використання токсичних противибухових речовин, таких як тетраетилсвинець, бензол, толуол тощо. Така заміна призводить до того, що токсичність вихлопних газів знижується.

До безсумнівних переваг біоетанолу можна віднести низьку токсичність і практичну відсутність викидів CO₂ в продуктах згоряння, біодеградацію, здатність підвищувати ефективність використання сільськогосподарських ресурсів, знижувати залежність від нафти і зменшувати парниковий ефект.

Основними недоліками цього напрямку є висока вартість технології та обладнання для виробництва біоетанолу, нестабільний вихід деяких видів біомаси, гігроскопічність і підвищена витрата палива.

Біоетанол отримують біологічним перетворенням (ферментація - біохімічне перетворення біомаси) або за допомогою тепла та хімікатів (термохімічне перетворення).

Сировиною для виробництва біоетанолу є культури, що містять цукор і крохмаль, а також лігніноцелюлозна біомаса.

В даний час більше 2/3 біоетанолу виробляється з кукурудзи, четверть світового виробництва - з цукрової тростини, решта – з пшениці, меляси, маніюки та цукрового буряку.

Сировиною для виробництва біоетанолу можуть бути цукрові та крохмальні рослини або лігноцелюлозна біомаса [16].

В світі для виробництва біоетанолу найбільш широко використовують такі сільськогосподарські культури: цукрова тростина, кукурудза, пшениця, жито, ячмінь, цукровий буряк, сорго цукрове, топінамбур, батат та ін. (рис. 1.3).



Рис. 1.3 – Класифікація видів сировини для виробництва біоетанолу [6, 13, 17, 18]

Вихід біоетанолу залежить від виду сільськогосподарської культури та її урожайності (табл. 1.1) [19, 20].

Вибір культури, що має найвищу економічну та екологічну ефективність при вирощуванні та переробці її на біоетанол, залежить від природно-кліматичних умов [20]. У структурі сільськогосподарських культур, придатних для виробництва біоетанолу в Україні більшу частину становлять зернові культури, цукрові буряки та меляса, меншу – картопля, топінамбур, цикорій.

Важливою особливістю виробництва біоетанолу із зернової сировини є використання для виробництва лише крохмалю із складу зерна. Білкова складова у

вигляді післяспиртової барди, збагачена культурою дріжджів, є цінною сировиною для виробництва збагачених білком, вітамінами та іншими поживними та біологічно активними речовинами кормів для великої та дрібної рогатої худоби, свиней, домашньої птиці, риб та ін. [20].

Таблиця 1.1 – Приблизна урожайність та можливий вихід біоетанолу

Сільськогосподарська культура	Планова урожайність, ц/га	Вихід етанолу	
		л/т	л/га
Цукрові буряки	500	100	5000
Топінамбур	300	87	2610
Кукурудза (зерно)	70	416	2912
Пшениця	50	395	1975
Ячмінь	58	370	2150
Цукрова тростина	650	70	4550
Касава	120	180	2160

Найпопулярнішою зерновою культурою у світі для виробництва біоетанолу є **кукурудза** [21]. Вона займає особливе місце в структурі сільського господарства, будучи одним із показників для оцінки діяльності всього аграрного сектора.

Кукурудзу використовують в харчовій та переробній промисловості. Її переробляють на крохмаль та патоку, біопаливо, використовують в мікробіології, медицині та інших галузях народного господарства.

Кукурудза вважається однією з найкращих зернових культур для виробництва концентрованих кормів у тваринництві, а також є сировиною для виробництва спирту, крохмалю та глюкози.

Кукурудза, яка вирощується на зерно, є однією з найбільш розповсюджених сільськогосподарських культур в Україні. Поступається вона лише пшениці та соняшнику [22].

У майбутньому обсяги виробництва кукурудзи матимуть тенденцію до зростання не лише в Україні, а й у всьому світі.

Цукровий буряк є досить перспективною сировиною для виробництва біоетанолу. Для України цукровий буряк є традиційною культурою для виробництва цукру. В технології біоетанолу можуть використовуватись як весь цукровий буряк, так і, а це є більш раціональним та ефективним, - напівпродукти його переробки [23].

На користь використання цукрового буряку та продуктів його переробки є суттєво (до 30%) менша потреба в енергетичних ресурсах для переробки його в біоетанол порівняно із виробництвом із зерна [23-25]. Менші енергетичні витрати пояснюються необхідністю за допомогою ферментних препаратів здійснювати попередній гідроліз крохмалю в зернових культурах (рис, кукурудза, ячмінь, пшениця, сорго). Гідроліз застосовують з метою отримання глюкози з крохмалю шляхом його гідролізу.

Комплексна переробка цукрових буряків з виробництвом поряд з традиційним цукром додаткових енергетичних продуктів на кшталт біоетанолу дозволить підвищити загальну ефективність цукрової галузі України, зберегти вже існуючі сільськогосподарські підприємства з традиційним вирощуванням цукрового буряку та заводи з виробництва цукру, які на сьогоднішній день або вже закрились, або знаходяться на стадії закриття.

Загалом позитивні аспекти цукрових буряків в якості сировини для виробництва біоетанолу [12, 26] наступні:

- Високий вихід біоетанолу з 1 га;
- Можливість використання мелясної барди (побічного продукту переробки) як сировини для виробництва біогазу;
- Позитивний баланс енергії при переробці сировини на біоетанол;
- Менші затрати енергоресурсів у порівнянні з переробкою крохмалевмісної сировини;
- Стабілізація роботи бурякоцукрової галузі.

Ще однією перспективною культурою для виробництва біоетанолу є **цукрове сорго**. Цукрове сорго – високоефективна сільськогосподарська культура,

здатна формувати стабільні високі врожаї навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов [27]. Сорго – це високоросла прямостояча рослина, яка в умовах України виростає до 3,0 – 4,0 м у висоту, має гладку поверхню стебла зеленого кольору, який вкритий восковим нальотом. Цукрове сорго в соку стебел рослин містить вуглеводи (10–20%), які на 60–80% складаються із цукрози і 20–40% – фруктози та глюкози. Урожайність стеблової маси може досягати 80 т/га, або й навіть більше – за умови використання найновіших гібридів.

Сорго досить добре реагує на високі температури, тому може бути ефективно культивованим і давати високі та стабільні врожаї в посушливих південних областях України за незначних запасів вологи в ґрунті.

Відомі результати досліджень показують, що виробництво біопалива з цукрового сорго з огляду на специфічні природно-кліматичні умови має для України значну економічну перспективу, особливо з урахуванням можливості створення нових робочих місць та інфраструктурному розвитку сільських територіальних утворень.

Економічна ефективність переробки сорго може бути суттєво збільшена, якщо при виробництві пресовану соргову масу використовувати для виробництва біогазу. Така комплексна переробка вихідної сировини дозволить зменшити собівартість переробки та отримати більш дешеве паливо двох видів: біоетанол та біогаз.

Також для виробництва біоетанолу використовують біологічна сировина з високим вмістом **лігніну, целюлози та геміцелюлози**. Джерелом такої сировини є трави і дерева. Біоетанол, який виробляється з такої сировини називають «біопаливом другого покоління») [28]. Найбільш широко вживаними для виробництва такого біопалива є залишки зернових та інших сільськогосподарських культур, перш за все, солома. Також використовується вторинна сировина деревообробки, відходи цукрової тростини, при її переробці на цукор, макулатура та спеціально вирощені енергетичні культури, або відходи їх переробки (верба, сорго прутувидне, тополя, міскантус гігантський). Більш детально про енергетичні культури – в п. 1.3.4.

Загалом, з метою зменшення собівартості використання лігніно-целюлозних відходів є досить ефективним та перспективним. Така переробка може бути досить конкурентоспроможною та здатною підвищити загальну ефективність агропромислового комплексу.

Однак лігніно-целюлозна сировина є досить стійкою проти дії ферментів та мікроорганізмів, які використовуються для виробництва біоетанолу. Технологія виробництва біоетанолу з такої сировини вимагає руйнування хімічних зв'язків в сировині в результаті гідролізу, для чого сировину для виробництва спочатку дрібнять на невеликі шматочки, а потім обробляють спеціальними хімічними речовинами: окислювачами, кислотами, бактеріями, по чергово, або комбінуючи хімічні, фізичні та біологічні методи [31].

1.4.2 Виробництво біодизеля

Крім виробництва біоетанолу другим за популярністю біопаливом є **біодизель**. Біодизель є аналогом дизельного пального, яке отримують з нафти. За [15] біодизельне паливо (біодизель) – моноалкільні естери вищих органічних кислот, отриманих з рослинних олій або тваринних жирів, що використовуються як біопаливо або біокомпонент.

Вирощування олійних культур є досить ефективним з економічної точки зору, адже насіння соняшнику, ріпаку та інших олійних культур стабільно користується попитом на ринку. В той же час з огляду на сучасний розвиток технологій та покращення ефективності технічного забезпечення є значні резерви для підвищення ефективності вирощування олієвісних культур. В цьому напрямку слід звернути увагу на нові сорти, які є більш продуктивними, менш вибагливими до умов вирощування, стійкі до дії шкідників та несприятливих факторів довкілля. Рекомендується використовувати сучасні інтегровані системи захисту від хвороб та шкідників, адаптивні технології вирощування, які створюють оптимальні умови зволоження та живлення рослин у відповідності до потреб на кожній стадії росту, забезпечуючи найвищі стабільні врожаї.

Взагалі, біоетанол та біодизель сьогодні – це, з огляду на все зростаючу ціну на викопні аналоги: бензин та дизельне паливо, одні з найперспективніших напрямків розвитку відновлювальної енергетики. Але беручи до уваги вартість цін на нафтопродукти та сировину для виробництва біоетанолу та біодизелю, саму вартість переробки, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день виробництво біопалива є недостатньо ефективним, але має значний потенціал до покращення, зокрема через підвищення ефективності процесів вирощування та переробки.

1.4.3 Виробництво біогазу

В Україні спектр сировини, в тому числі органічних відходів, придатних для виробництва біогазу, є доволі широким. Як сировину для зброджування можна використовувати практично всі види органічних відходів. Передусім, це відходи сільського господарства тваринного (гній) і рослинного походження.

Класифікація видів відходів для виробництва біогазу наведена на рис. 1.4. [12,14].

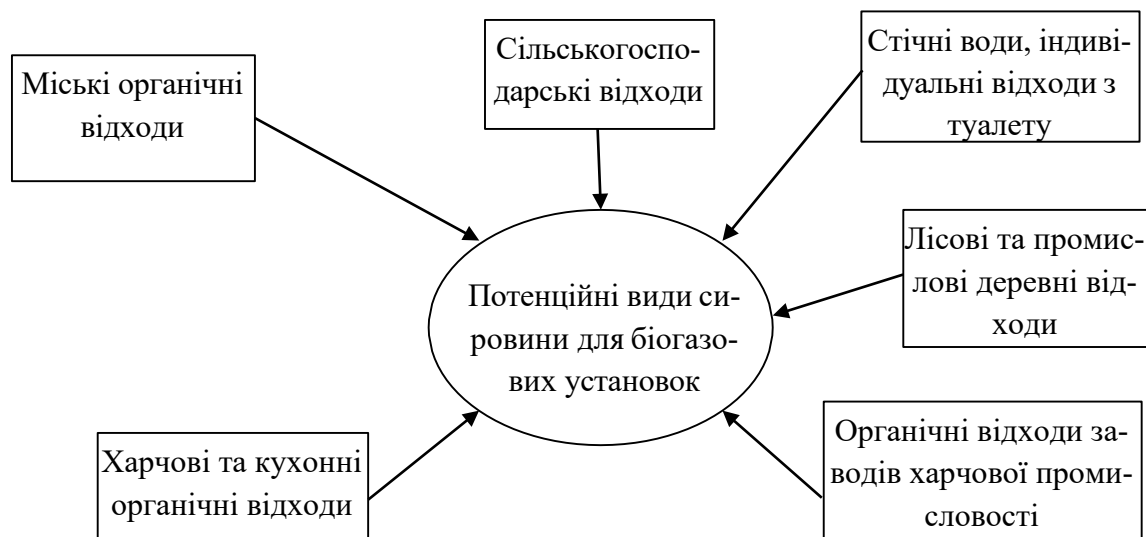


Рис. 1.4 – Сировина для використання в біогазових установках

У таблиці 1.2 наведено дані щодо енергетичного потенціалу відходів рослинництва на виробництво біогазу .

При виробництві біогазу для підвищення продуктивності утворення біогазу та ефективності процесу метаногенезу використовується силос із зеленої маси та інша рослинна подрібнена сировина. Силос може виготовлятися із кукурудзи, яку спеціально вирощують на зелену масу, або інших трав'янистих сільськогосподарських культур. Також може використовуватись подрібнений цукровий буряк. Використання таких добавок, хоч і підвищує вихід біогазу, проте підвищує і його собівартість. Тому важливим є пошук заміників уже відомих, але економічно недостатньо ефективних рослинних добавок в субстрат біогазових установок. Найдоцільніше для цих цілей використовувати відходи рослинництва (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Потенціал рослинних відходів для виробництва біогазу

Тип відходів	Вихід біогазу, м ³ / субстрату
Кукурудза: суміш стебел і качанів (силос)	451
Гичка цукрових буряків (силос)	120
Жом від цукрових буряків	90
Жом яблучний жом	112
Відходи очистки сої	517
Вівсяні відходи	620
Відходи овочів	57

З представлених в таблиці 1.2 видів відходів звертає на себе увагу буряковий жом – вторинний продукт виробництва цукру із цукрових буряків. Колись єдиним раціональним способом його використання було кормове, зокрема він використовувався для відгодівлі великої рогатої худоби. Але з такою його використання є ряд проблем, зокрема пов'язаних з необхідністю обробляти нативний жом з метою його тривалого зберігання (сушіння або інші способи обробки).

В той же час використання для формування субстрату бурякового жому може суттєво покращити його хімічний склад. З метою використання для вироб-

ництва біогазу жом необхідно також додатково обробляти контролем розміру часток, вологості, вмісту клітковини та цукру. Важливим фактором також є умови зберігання зберігання жому.

Взагалі енергетичні властивості відходів сільськогосподарської продукції та продуктів її переробки підприємствами агропромислового комплексу потребують додаткових досліджень щодо методів підготовки, пропорцій внесення в субстрат та інше.

Також слід мати на увазі, що формування субстрату для виробництва біогазу як правило є досить складною справою. Наприклад, відомо, що суміші рослинних відходів з відходами тваринництва та птахівництва дозволяють досягти найкращих результатів.

Світова практика, зокрема дослідження проведені в країнах Євросоюзу та США, вказують на те, що існує деякий оптимальний відсоток розподілу відходів рослинництва на задоволення поряд з традиційними кормовими, технічними та іншими варіантами використання (наприклад, заорювання поживних залишків для відновлення родючості ґрунту) ще й енергетичних потреб.

Встановлено, що раціональний відсоток використання відходів сільського господарства для енергетичних цілей складає від чверті до половини усіх відходів, а інша частина має залишитись в ґрунті для відновлення його родючості [12].

Для України такий рекомендований відсоток є дещо нижчим: до третини соломи зернових та до 40 % кукурудзяних і соняшкових стебел [12].

До позитивних аспектів будівництва біогазових установок можна віднести екологічні, енергетичні, економічні та соціальні переваги. Ефективним може бути також будівництво індивідуальних біогазових установок (рис. 1.5).



Рис. 1.5 – Ефекти впровадження індивідуальних біогазових установок

1.4.4 Виробництво твердого біопалива

Традиційно в якості твердого біопалива використовується деревина (дрова) та продукти її переробки (тирса, пелети). Останнім часом традиційне тверде паливо біологічного походження замінюється енергетичними культурами, які спеціально вирощуються з енергетичною метою. Це трав'янисті рослини: просо прутевидне (світчграс), міскантус та інші), або деревні: різні види верби, тополі, павловнія та інші [32].

Вирощування та використання в якості енергоресурсів енергетичних рослин є реально працюючим заходом підвищення енергетичної незалежності сільських територій. Енергетичні рослини, які сьогодні найбільш широко використовуються є переважно багаторічними культурами, що добре пристосовані до умов вирощування та володіють здатністю формувати високу врожаї біомаси. Біомаса енергетичних культур, як правило, має низький перелік хімічних елементів, в їх складі переважає лігнін та целюлоза, в деяких рослинах може бути значна кількість цукру та крохмалю. Через це енергетичні культури і є ефективними заміниками традиційного палива.

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощують для використання безпосередньо як паливо або для виробництва біопалива [33]. До них відносять трав'янисті рослини, чагарники, швидкоростучі дерева або інші види рослин, фітомаса яких може використовуватися як сировина для виробництва біопалив [33]. Загальна характеристика енергетичних культур для виробництва біопалива наведена на рис. 1.6.

На відміну від харчових культур, електростанції не мають особливих вимог до ґрунту і можуть вирощуватися на деградованих ґрунтах.

У порівнянні з однорічними енергетичними культурами, багаторічні енергетичні культури мають значно вищу продуктивність подрібненої вегетативної маси з тенденцією до збільшення з кожним роком використання. Не менш важливою характеристикою багаторічних енергетичних культур є те, що вони виробляють значну кількість рослинного сміття після закінчення вегетаційного періоду. Він впливає на динаміку органічної речовини ґрунту в присутності вологи і

при її взаємодії з ґрунтовою біотою [34].



Рис. 1.6 – Характеристика енергетичних культур [35]

В Україні, за різними даними, близько 8 мільйонів гектарів земель є непродуктивними (їх ще називають «маргінальними») [36], з яких близько 4 мільйонів гектарів займають непродуктивні землі з низькою родючістю, схильністю до ерозії, надмірною вологістю і т.д. через це такі землі виводяться з експлуатації [12]. Високоврожайні енергетичні культури, які швидко ростуть на цих ґрунтах, захищають ґрунт від ерозії, збільшують ємність гумусового шару і, як правило, підвищують екологічну та енергетичну ефективність навколишнього середовища.

Енергетичні культури також можна вирощувати на ґрунтах, непридатних для вирощування харчових культур, таких як кислі або солоні ґрунти, що містять багато мінералів. У таких випадках енергетичні культури можуть допомогти стабілізувати та відновити цю землю.

Крім того, вирощування енергетичних культур на непродуктивних землях не конкурує продовольчими культурами і є стійким відповідно до вимог Директиви 2009/28 / ЄС (рис. 1.7) [37].



Рис. 1.7 – Критерії сталості біопалива згідно з Директивою (2009/28/ЕС)

Враховуючи ґрунтово-кліматичні зони України, потенціал виходу біомаси, рівень енергоефективності, комплекс адаптивних характеристик, економічно вигідні ознаки, можливість вирощування на маргінальних та несільськогосподарських землях, наступні енергетична культури є найбільш перспективними: верба і тополя, міскантус гігантський, просо прутівидне.

Щоб оцінити перспективи енергетичних культур, необхідно враховувати генетичні характеристики рослин, вплив навколишнього середовища, умови зберігання, вологість і таке інше. При цьому враховується теплотворна здатність біомаси, яка залежить від багатьох факторів, таких як практичний розрахунок ефективності використання твердого біопалива, який здійснюється з використанням значення меншої теплотворної здатності палива в робочому стані, що утворюється при спалюванні однієї паливної маси. Порівняльна характеристика енергетичних рослин для виробництва твердого біопалива наведена у табл. 1.3 [38].

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика енергетичних рослин для виробництва твердого біопалива

Культура	Вихід сухої маси, (т/га)/рік	Нижча теплота згорання, МДж/кг сух.м.	Виробництво енергії, ГДж/га	Вміст води в момент збору врожаю, %	Зола, %
Верба	8-20	18,5	280-315	53	2,0
Тополя	9-16	18,7	170-300	49	1,5
Міскантус гігантський	8,0-32,0	17,5	311,9-419	15,0	3,7
Світчграс (просо прутоподібне)	9,0-18,0	17,0	266,8-312,2	15,0	6,0

Також цікавим є порівняння традиційних та перспективних, придатних для виробництва енергоресурсів, сільськогосподарських культур, зроблене в розрізі енергетичних продуктів, що виробляються з цих культур (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Порівняльна енергетична характеристика традиційних і нових сільськогосподарських культур та енергетичних рослин [39].

Культура	Вихід біомаси, т/га	Вид біопалива	Тепловіддача біопалива, МДж/кг	Паливний еквівалент	Вихід біопалива з 1 т біомаси, кг	Вихід біопалива з 1 га, л/га (кг/га)	Вихід умовного палива, кг у.п. / га	Вихід енергії ГДж/га	Вихід енергії ГВт·год/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Традиційні культури									
Картопля	25	Біоетанол	21,1	0,65	120	3000	1950	65,1	18,08
Пшениця/зерно	4	Біоетанол	21,1	0,65	260	1040	676	21,9	15,25
Солома пшениці	4	Гранули	15	0,55	1000	4000	2200	33	
Ріпак/насіння	3	Біодизель	33,1	0,91	401,5	1204,4	1096,1	39,9	19,08
Солома ріпаку	3	Гранули	16	0,6	1000	3000	1800	28,8	
Цукрові буряки	45	Біоетанол	21,1	0,65	100	4500	2925	95	71,11
Гичка цукрових буряків	35	Біогаз 60 %	21,8	0,6	200	7000	4200	161	

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кукурудза/зерно Зелена маса	6	Біоетанол	21,1	0,65	240,4	1442,4	937,6	30,4	72,33
	50	Біогаз 60 %	21,8	0,6	200	10000	6000	230	
Нові енергетичні культури									
Цукрове сорго/ зерно (зелена маса)	50	Біоетанол	21,1	0,65	100	5000	3250	105,5	93,19
	50	Біогаз 60 %	21,8	0,6	200	10000	6000	230	
Цукрове сорго (суха маса)	25	Гранули	17	0,6	1000	25000	15000	425	118,06
Міскантус (суха маса)	20	Гранули	17	0,6	1000	20000	12000	320	88,89
Світчграс (суха маса)	15	Гранули	17	0,6	1000	15000	9000	255	70,83

Щоб обрати конкретну енергетичну культуру для подальшого вирощування сільськогосподарськими підприємствами необхідно враховувати природні чинники: вид ландшафту, структурно-механічні властивості та тип ґрунту, його режим вологості та кількість опадів. Вимоги до ґрунту, кількості опадів та особливості вирощування деяких енергетичних культур наведено у таблиці 1.5 [36].

Таблиця 1.5 – Особливості вирощування біоенергетичних культур

Енергетична культура	Вимоги до ґрунту, рН	Кількість опадів, мм/рік	Глибина залягання ґрунтових вод	Життєвий цикл, років	Періодичність збору врожаю
Верба	5-7	650-700	до 2 м	20-25	1 раз на 3 роки
Тополя	6	>600	до 2 м	20-25	1 раз на 2-3 роки
Міскантус	5,5-7,5	500-700	4 м	до 20	Щорічно
Світчграс (просо прутіподібне)	5,5-7	380-760	5 м	10-15	Щорічно

Вибір ділянки для вирощування енергетичних культур визначається, перш за все, характеристиками ґрунту. Особливістю енергетичних культур є те, що вони гарно себе почувають на добре аерованих середніх і важких суглинистих

грунтах, які мають кислотність у межах рН 5–7,5. Вологоутримуюча здатність ґрунту має також дуже важливе значення, тому з метою ефективного забезпечення вологою вирощування енергетичних культур на легких піщаних ґрунтах не рекомендується [40].

В той же час, дуже зволожені ґрунти (заплави і водно-болотні угіддя) можуть ускладнити роботу сільськогосподарської техніки, особливо під час садіння чи посіву та збору врожаю. Для таких ґрунтів є також небезпека їх ущільнення через роботу важкої техніки. Низький вміст гумусу теж може стати на перешкоді вирощування енергетичних культур через недостатню врожайність [41].

Енергетичні культури відрізняються більшою потребою у воді, ніж традиційні сільськогосподарські культури. Така їх особливість може зменшити забруднення ґрунтів та прилеглих водойм біогенними та іншими забруднюючими речовинами. Це може бути обґрунтованим можливості організації за допомогою енергетичних культур буферних зон на територіях навколо водойм та територій, що потребують особливої уваги.

Енергетична верба – найбільш розповсюджена енергетична культура в світі. Генотип верби має значні можливості для створення нових сортів та гібридів для різних цілей. Врожайність верби може досягати 10-15 т сухих речовин/га, а за сприятливих умов вона може зростати вдвічі, що перевищує за врожайністю традиційні лісові насадження в 14 разів [42].

Енергетична верба як відновлюване паливо органічного походження є досить екологічно чистим видом палива, яке при спалюванні не призводить до зміни балансу вуглецю в атмосфері. Це різновид твердого біопалива, придатний для промислового виробництва теплової та електричної енергії за ціною, удвічі меншою порівняно з використанням газу. Один гектар плантації енергетичної верби здатен поглинути з повітря за трирічний цикл вирощування понад 200 т CO₂.

За умови достатньої зволоженості ґрунту потрібно лише 1% гумусу для того, щоб рослина отримала необхідну кількість поживних речовин і в майбутньому забезпечила високу врожайність.

Верба добре росте на різних ґрунтах, але для отримання високих врожаїв на малопродуктивних та маргінальних сільськогосподарських землях вона потребує, особливо в перший рік, коли йде формування кореневої системи, використання добрив у відповідності до елементів, які в ґрунті знаходяться в недостатній кількості [42]. Також особливо в перший рік верба потребує захисту від бур'янів, в подальшому розвинена коренева система та пагони верби будуть подавляти розвиток бур'янів.

Порівнюючи вирощування верби з лісовими культурами, можна зробити висновок про її більше наближення до сільськогосподарського виробництва через трирічний цикл вирощування, який, проте, може бути навіть однорічним [42].

Перший збір врожаю верби енергетичної відбувається на третій рік вирощування, а потім кожні три роки, тобто за 24 роки збирають 8 врожаїв. При цьому лише в першій та останній роки врожайність менша, ніж звичайно (на 30-40%). Верба стійка до морозів, посухи та шкідників і може захистити ґрунт від ерозії, вирощуючи його на пагорбах, долинах та непродуктивних землях для традиційного вирощування сільськогосподарських культур. Теплотворна здатність верби становить близько 18 МДж/кг сухої речовини. Одна тонна верби вологістю 40% забезпечує 1 Гкал тепла [35].

Вербу енергетичну крім прямого спалювання у вигляді дров, прутків чи тріски можна переробляти в гранульовані види твердого палива: брикети і пелетів, або, за наявності обладнання для безкисневого спалювання, в синтез-газ [35].

Тополя – близький родич верби, також є гарною сировиною для виробництва біопалива. В кліматичних умовах України як і верба тополя здатна досить швидко рости за умови значної кількості вологи та світла, наприклад, в умовах долин річок, заплав та інших перезволожених територіях.

Енергетична тополя належить до багаторічних деревовидних енергетичних культур. Технологія вирощування енергетичної тополі схожа до технології вирощування енергетичної верби. Агротехнологічні вимоги: густина посадки –

до 9 000 шт./га, а оптимальна довжина саджанця – 25 см, при посадці щонайменше одна брунька саджанця має залишитися над поверхнею землі. Рослину висаджують тільки навесні. 1 т тріски з тополі заміщує 250 м³ природного газу [32].

Тополя є перспективною енергетичною культурою завдяки швидкому зростанню, стійкості до шкідників та потенціалу зростання на бідних ґрунтах. У більшості випадків використання пестицидів і добрив не потрібно. Тополя може рости на забруднених і непродуктивних ґрунтах, мінімізуючи конкуренцію за біоенергетичні та продовольчі культури.

Останнім часом через відносно швидке зростання та накопичення біомаси плантації тополі все частіше використовуються як відновлюване джерело енергії для виробництва біопалива. Його деревина дуже легка і широко використовується в технічних цілях. Тополя поглинає велику кількість вуглекислого газу, завдяки чому можна отримати дуже ефективно і екологічно чисте паливо. Урожайність сухої тополиної маси на промислових плантаціях становить до 6-12т / га. Плантації тополі зберігають продуктивність до 15-20 років і дозволяють збирати біомасу кожні 3-6 років протягом цього періоду [38].

Міскантус – швидкозростаюча енергетична культура і багаторічна рослина, яке вважається однією з найкращих енергетичних рослин європейської кліматичної зони. Він включає 17 видів багаторічних трав, корінні в субтропічних і тропічних регіонах Африки та Азії. Рослина невибаглива до ґрунту, вологості і температури, його врожайність досягає 30-35 т/га при високому вмісті целюлози. Гігант міс Канзас використовується для виробництва біоетанолу [29].

Miscanthus giganteus – трав'яниста багаторічна рослина з фотосинтетичною схемою C4. Міскантус досягає 220-310 (до 450-500) см у висоту. Кількість пагонів, що утворюються на куці зазвичай становить 10-15 штук (іноді - до 70 штук). З кожним роком відзначається збільшення сходів рослин [43]. Міскантус розмножується за допомогою модифікованого потовщеного стебла-кореневища, здатного відтворювати весь організм при пересадці [44]. Ідеальні кліматичні умови

для отримання хорошого врожаю: середньорічна температура становить 7°C, а річна кількість опадів - не менше 600 мм.

Підготовка до жовтня гігантських полів міскантуса починається восени і передбачає три види робіт: оранка, вирощування і внесення комплексних добрив. Навесні ґрунт готують до посадки кореневищами міскантуса: орють і висаджують. Через 2 роки після посадки біомасу можна збирати промисловим способом. Починаючи з 4 року плантації міскантуса досягають максимальної врожайності і дають біомасу протягом 20-25 років.

Догляд за плантаціями міскантуса включає боротьбу з бур'янами, внесення добрив (з урахуванням існуючих поживних елементів у ґрунті) тощо. [41].

Після зимового опадання листя і пагонів рослина підсихає до рівня вологості 13-15%. Збір сіна зазвичай проводиться в період з лютого і відбувається протягом 2-3 місяців. Врожай збирається за допомогою ріжучого комбайна і прес-підбирача для упаковки в тюк. Також можна збирати урожай, використовуючи техніку збору подрібнених тирси. Вибір способу збору сіна залежить від вимог до подальшої переробки отриманої біомаси.

Зібрану рослинну масу можна використовувати для виробництва паливних брикетів та гранул. Вартість вирощування міскантуса значно нижча, ніж у інших культур. При цьому він збільшує біологічну мінливість дикої природи (різноманітність рослинного та тваринного світу) і, починаючи з другого-третього року вирощування, дозволяє отримувати високі врожаї енергетичної сировини.

Енергетична ємність біомаси може становити 17-18 Мдж/кг, а енергетична продуктивність рослин досягає 67-84 (до 130) Гкал/га [44].

В Україні зареєстровані та внесені в Реєстр сортів рослин наступні сорти міскантуса гігантського: Верум, Осінній зорецвіт, Гулівер, Біотех [30].

В цілому, міскантус гігантський – типова багаторічна культура, що володіє відмінними характеристиками адаптації до умов Лісостепу України. Рослини міскантуса можуть виробляти високоефективну енергоємну біомасу. Біопаливо *Miscanthus giganteus* – це високоякісні компоненти для виробництва різних видів

біопалива (рідкого, твердого та газоподібного). Для виробництва тепла та електроенергії солома міс Канзас використовується у вигляді сухих гранул, гранул та тирси. Його також можна додавати до відходів тваринництва в біогазових реакторах для поліпшення виробництва метану. Крім потреби в енергії, його можна використовувати в хімічній промисловості в якості робочого матеріалу і як інгредієнт для побутової хімії.

Світчграс, або просо пругоподібне (*Panicum virgatum*), – це прямостояча, теплолюбна, багаторічна рослина, вид проса, в природних умовах росте в Північній Америці вздовж 45-55°С північної довготи. Вона має прямостоячі стебла різного кольору, які досягають 0,5–2,7 м у висоту, розмножується насінням і кореневищем. Суцвіття – відкрита волоть довжиною 15–50 см. Потужна коренева система світчграсу може досягати до 3 м у глибину [45].

З кінця 80-х років світчграс вважається перспективним енергетичним продуктом для виробництва біопалива. Основним його використанням у США та Канаді є виробництво електроенергії за рахунок газифікації, комбінованого спалювання на вугільних електростанціях та виробництва рідкого біопалива. Останнім часом використання цієї енергетичної культури розширилося за рахунок виробництва целюлозно-волоконистих компресійних композитів. Світчграс вирощують на різних ґрунтах, він не вимогливий до вологості і вмісту поживних речовин в ґрунті, робить позитивний вплив на навколишнє середовище.

Оскільки світчграс належить до групи рослин C4, він має швидший процес фотосинтезу, ніж рослини C3, ефективніше використовуючи воду та азот, але менш стійкий до стресових умов вирощування [32].

Виснаження ґрунту при вирощуванні світчграсу не відбувається – навпаки, потужна коренева система і рослинні залишки збагачують ґрунт поживними речовинами, сприяють інтенсивному розвитку мікроорганізмів і підсилюють процес зволоження. Важливою агротехнічною характеристикою світчграсу як багаторічної культури є його здатність збагачувати ґрунт органічними речовинами.

При згорянні паливна маса світчграсу не має запаху, а співвідношення поглинутого при вирощуванні CO₂ і викидах в атмосферу є оптимальним [45].

Продуктивність варіюється від 6 тонн сухої речовини на низькородючих ґрунтах до 25 тонн на високопродуктивних ґрунтах. При правильному догляді можна збирати урожай протягом 15 років. Існує 2 основних типи світчґрасу: низинний і високогірний. Низькорослі види вирощують у вологому ґрунті – у них довгі товсті грубі стебла, які ростуть кущами. Високі типи пристосовані до посушливого клімату – у них більш тонкі стебла, ніж у низьких, і їх більше.

Структура біомаси світчґрасу складається з компонентів, типових для сировини біопалива: близько 50% вуглецю, 43% кисню та 6% водню. Суха біомаса має низький вміст золи, відносно низький вміст калію і натрію в харчових продуктах з підвищеним вмістом кальцію і магнію, що сприяє підвищенню температури згоряння і знижує ймовірність утворення шлаку при згорянні в котлах.

Для навколишнього середовища переваги вирощування світчґрасу полягають у боротьбі з ерозією ґрунту, відсутності необхідності використання пестицидів, покращенні структури ґрунту, зменшенні викидів парникових газів та сприянні збереженню природних умов.

Загалом, просо прутувидне та міскантус гігантський більш ретельно досліджуються як сировина для виробництва біопалива та виробництва теплової енергії. Однак він широко використовується в тваринництві та птахівництві, виробництві целюлози, виробництві паперу, армованих волокнами, будівельній промисловості, Сировина для пластикових композитних матеріалів і т.д. використовується. Енергетичні рослини також використовуються для захоплення (накопичення) вуглецю в ґрунті та регенерації органічних речовин, що містяться в ньому, для очищення забруднених стічних вод та навколишнього середовища (властивості регенерації рослин) та для використання рослинами для створення пасовищ.

Висновки до Розділу І.

1. Енергетична культура – така продукція сільського господарства, що повністю або більшою мірою використовується в якості сировини для виробництва енергії безпосередньо (спалюванням), або після певної переробки. Енергетичні культури не є єдиним джерелом відновлювальної біоенергії, тому питання доцільності використання різних традиційних видів сільськогосподарської продукції та спеціально вирощених культур в якості енергетичних потребує додаткового дослідження.

2. Важливою та цінною особливістю біопалива є його відновлювана природа, яка створює можливості для сільськогосподарського сектору виступати як виробником, так і споживачем енергетичної продукції. Це, а також економічна ефективність та екологічні вигоди є основними факторами, що спонукають виробляти біопаливо. Сприятливі кліматичні умови, родючий ґрунт і наявність виробничих потужностей в Україні дозволяють вирощувати і переробляти набагато більші обсяги сільськогосподарської продукції, ніж зараз. Налагодження виробництва біопалива буде сприяти створенню нових робочих місць та розвитку інфраструктури в сільській місцевості.

3. Для виробництва біогазу використовують переважно відходи рослинного (пожнивні рештки, відходи переробки та ін.) та тваринного (гній, послід, підстилка) походження. Використання для виробництва біогазу спеціально вирощених культур (силос кукурудзи, міскантус гігантський) покращує ефективність виробництва, але може призвести до підвищення собівартості виробництва. Як рослинні відходи, так і спеціально вирощені енергетичні культури для виробництва біогазу потрібно змішувати з відходами тваринництва.

4. Енергетичні культури володіють рядом позитивних характеристик, з яких найважливішими є здатність рости на маргінальних ґрунтах, покращуючи їх якість. З біомаси можна виробляти широкий спектр енергетичної продукції: готове біопаливо, тверде гранульоване біопаливо (гранули, брикети, пелети), біопаливо другого покоління.

РОЗДІЛ II

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкт дослідження

Об'єкт дослідження – процеси вирощування енергетичних культур.

Предмет дослідження – екологічна ефективність життєвого циклу енергетичних культур.

Метою дослідження є зменшення впливу на довкілля на основі науково обґрунтованого вибору енергетичних культур та технологій їх вирощування та переробки.

У відповідності до теми життєвий цикл вирощування енергетичних культур розглянуто від початкових операцій підготовки ґрунту до збору врожаю та транспортування його до подальшої переробки чи зберігання.

2.2 Схема проведення дослідження

За результатами аналізу літературних джерел та виходячи з особливостей обраних для дослідження об'єктів пропонується наступна схема проведення дослідження (рис. 2.1).

Відповідно до представленої схеми на першому етапі досліджень було розглянуто сучасний стан та перспективи енергетичного використання продукції сільського господарства України. Детально розглянуто традиційні та перспективні культури, які можуть використовуватись в якості джерела енергії як при прямому використанні, так і після переробки.

Другим етапом були уточнення мети і постановка завдань дослідження, підбір об'єкту дослідження та вибір методик дослідження.



Рис. 2.1 – Схема досліджень

На третьому етапі було проведено оцінку життєвого циклу вирощування енергетичних культур, обґрунтовано підходи до оцінки ефективності їх життєвого циклу та проведено відповідні розрахунки.

На останньому етапі розглянуто питання з охорони праці та цивільного захисту стосовно системи теплозабезпечення.

Зроблено відповідні висновки та розроблено рекомендації.

2.3 Методи дослідження

В роботі використовувались загальнонаукові (емпіричні: спостереження, опис; теоретичні: аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення, індукція, дедукція, пояснення, класифікація тощо), а також системний, структурно-функціональний, розрахункові та спеціальні методи дослідження.

До спеціальних методів дослідження слід віднести метод оцінки життєвого циклу [46].

Метод ОЖЦ. Оцінка життєвого циклу здійснюється на основі групи міжнародних стандартів ІСО 14040. Метод адресує екологічні аспекти та потенційну дію на навколишнє природне середовище (використання ресурсів та екологічні наслідки цього) через життєвий цикл продукції від сировини, виробництва, використання, переробки та утилізації.

До основних особливостей оцінки життєвого циклу продукції належать:

- системна й адекватна оцінка екологічних аспектів продукції на стадіях її життєвого циклу, тобто оцінка екологічних аспектів продукційних систем, що являють собою модель життєвого циклу продукції — від одержання сировини, матеріалів до переробки або захоронення відходів;
- залежність глибини деталізації і часових меж оцінки життєвого циклу від поставлених цілей, і завдань;
- певні заходи щодо захисту конфіденційності й доречності використання результатів оцінки життєвого циклу залежно від їх передбачуваного застосування.

Для оцінки ступеню впливу на довкілля обрано показник повної еквівалентної емісії парникових газів як такий, що дозволяє надати структуровану відповідно складових впливу оцінку екологічності окремих енергетичних культур.

Для автоматизації розрахунків використовували Microsoft Excel.

Висновки до розділу II

В даному розділі було встановлено та охарактеризовано об'єкт дослідження, розроблено програму та обрано методи дослідження.

РОЗДІЛ III

ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

3.1 Обґрунтування життєвого циклу вирощування енергетичних культур

Енергетичні культури, а в найбільш загальному випадку – біоенергетичне паливо (див. Розділ I), або, в ще більш загальному випадку, – агробіомаса, на відміну від традиційних викопних енергоресурсів мають ряд особливостей, які пов'язані, перш за все, з їх походженням, а саме вирощуванням в системі сільськогосподарського виробництва.

Енергетичні культури як і будь-яка інша агробіомаса порівняно з викопними видами палива характеризується нижчою щільністю та теплотворною здатністю, сезонністю утворення, додатковим вмістом вологи, різноманітням термохімічних характеристик та хімічного складу, що залежать від виду біологічної сировини, погодно-кліматичних умов та агротехнологічних факторів, більшими габаритами й вартістю систем для зберігання, транспортування, підготовки і використання. Також, на відміну від викопного палива, навіть культури, призначені для суто енергетичних цілей, можуть мати й інші напрями використання (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Варіативність використання енергетичних культур

Напрямок використання	Варіанти використання	Переваги
Енергетичний	Виробництво різних видів біопалив: твердого, рідкого та газоподібного, що забезпечує генерування тепла та виробництво електроенергії.	Виробники можуть отримувати державну та міжнародну підтримку («зелений тариф», торгівля викидами та інше)
Агроекологічний	Вирощування енергетичних культур на малопродуктивних деградованих	Відсутність конкуренції

	і порушених ґрунтах (маргінальних землях)	з продовольчими культурами. Здатність поліпшувати структуру та водний баланс ґрунту, зменшувати ерозійні процеси, підтримувати родючість та біорізноманіття за багаторічного циклу вирощування
Відновлювальний (фітоторемедіація)	Вирощування на забруднених землях (важкі метали, поліутанти та залишки пестицидів)	Відновлення функціональних та екосистемних властивостей забруднених земель
Кормовий	Випасання худоби, заготівля сіна. Поліпшення кормової бази тварин (силосування кормів). Використання насіння – у птахівництві.	Високоякісна та доступна сировина, можливість використання побічних продуктів переробки енергетичних культур.
Технічний	В якості джерела лігніну і целюлози для: <ul style="list-style-type: none"> - використання у целюлозно-паперовій промисловості (виробництво паперових харчових пакетів, різні види упаковки, картону); - створення капсул для ліків у медицині; - виробництва біопластику 	

Ефективна модель виробництва та енергоконверсії енергетичних культур має передбачати їх вирощування, отримання та переробку біомаси, виробництво та постачання енергії до споживачів. При цьому мають бути враховані принципи замкненого безвідходного циклу виробництва. З огляду на значні об'єми вихідної сировини та пов'язані з цим витрати на транспортування, високий вміст вологи, що вимагає її видалення, споживачами такої енергії, особливо отриманої шляхом прямого спалювання біомаси, мають бути, перш за все, населення та

виробництва, розташовані поряд із місцем вирощування енергетичних культур.

Сільськогосподарські підприємства, що займаються вирощуванням енергетичних культур мають бути включені в певні інфраструктурні утворення, які крім, власне агропідприємств, що займаються вирощуванням енергетичних культур та збиранням біомаси мають включати переробні підприємств та енергосервісні компанії (рис. 3.1). Така система забезпечить стабільне постачання трансформованих енергоресурсів до споживачів.

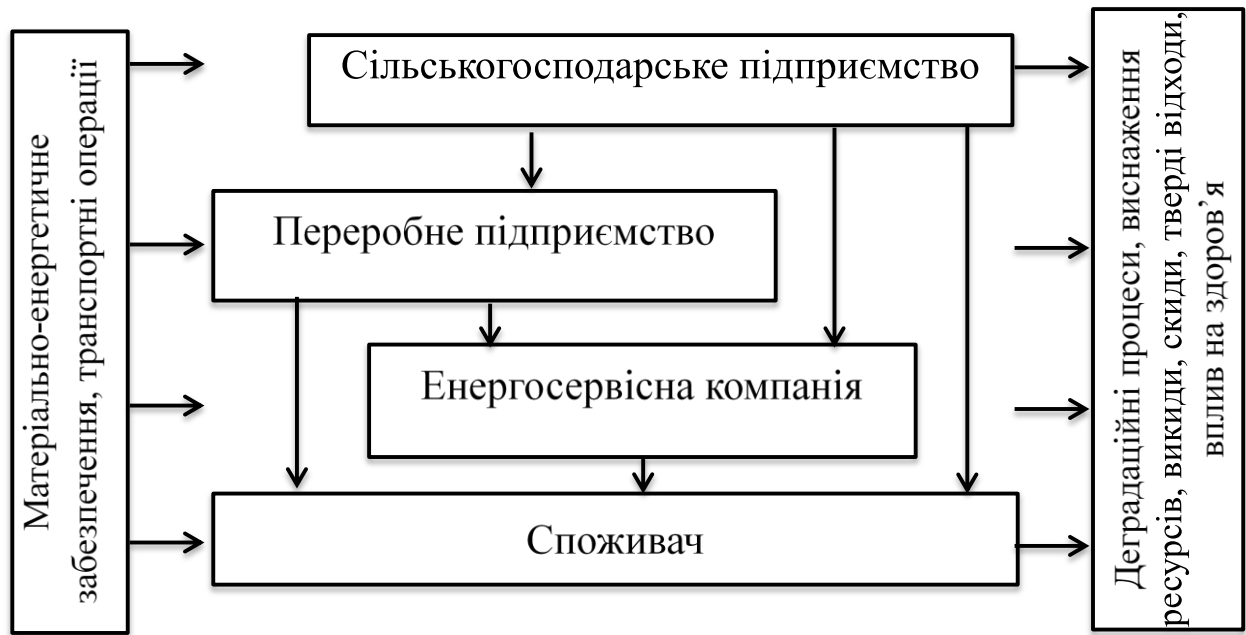


Рис. 3.1 – Загальна система виробництва та використання енергетичних культур

Відповідно до цілей дослідження інвентаризацію вхідних та вихідних матеріальних та енергетичних потоків будемо здійснювати в рамках продукційної системи, що обмежується збором врожаю.

Ще одним обмеженням для аналізу буде розгляд процесів вирощування сільськогосподарських культур єдиним або переважним призначенням яких буде саме енергетичне використання.

З огляду на такі обмеження життєвий цикл системи вирощування енергетичних культур включає в себе наступні стадії (Рис. 3.2).



Рис. 3.2 – Життєвий цикл системи вирощування енергетичних культур

Детальний аналіз кожної стадії життєвого циклу дозволяє виділити основні вхідні та вихідні потоки речовини та енергії, для яких проводять оцінку впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Розглянемо детальніше етапи вирощування.

Етап підготовки ділянки для посадки енергетичної культури є одним з найбільш відповідальних етапів вирощування, який визначає ефективність (екологічну, економічну, соціальну та інші) усього процесу виробництва біоенергії та починається із двох взаємопов'язаних виборів: вибір ділянки і вибір енергетичної культури (рис. 3.3). Від здійсненого вибору залежить вся подальша технологія вирощування та, значною мірою, вибір та ефективність технології переробки продукції рослинництва в корисну енергію.

При виборі, закладанні та плануванні ділянки для вирощування енергетичних культур враховують: кліматичні умови, тип, якість (родючість) та безпеку (вміст забруднюючих речовин, радіонуклідів та ін.) ґрунтів, водний баланс, вид ландшафту, культури-попередники та конкуренцію з іншими культурами, транспортні розв'язки, місцезнаходження потенційного споживача (приватні споживачі, котельні або електростанції). Отже, вибір конкретної енергетичної

культури обумовлений ґрунтово-кліматичними умовами, техніко-технологічними можливостями, економічною доцільністю та можливістю мінімізувати вплив на довкілля (з ймовірністю отримання позитивних ефектів – підвищення родючості ґрунту, зниження емісії парникових газів, в тому числі за рахунок заміщення викопного палива).



Рис. 3.3 – Попередній етап вирощування енергетичних культур

Підготовка ґрунту в залежності від виду культури, стану ділянки, технічної оснащеності сільськогосподарського підприємства передбачає планування ландшафту, боротьбу з багаторічними бур'янами (для маргінальних земель) механічним або хімічним способом, глибоке дискування для подрібнення решток кореневищ, внесення органічних та/чи мінеральних добрив, глибоку осінню оранку на глибину 20-25 см, передпосадкове вирівнювання та ущільнення ґрунту (рис. 3.4).

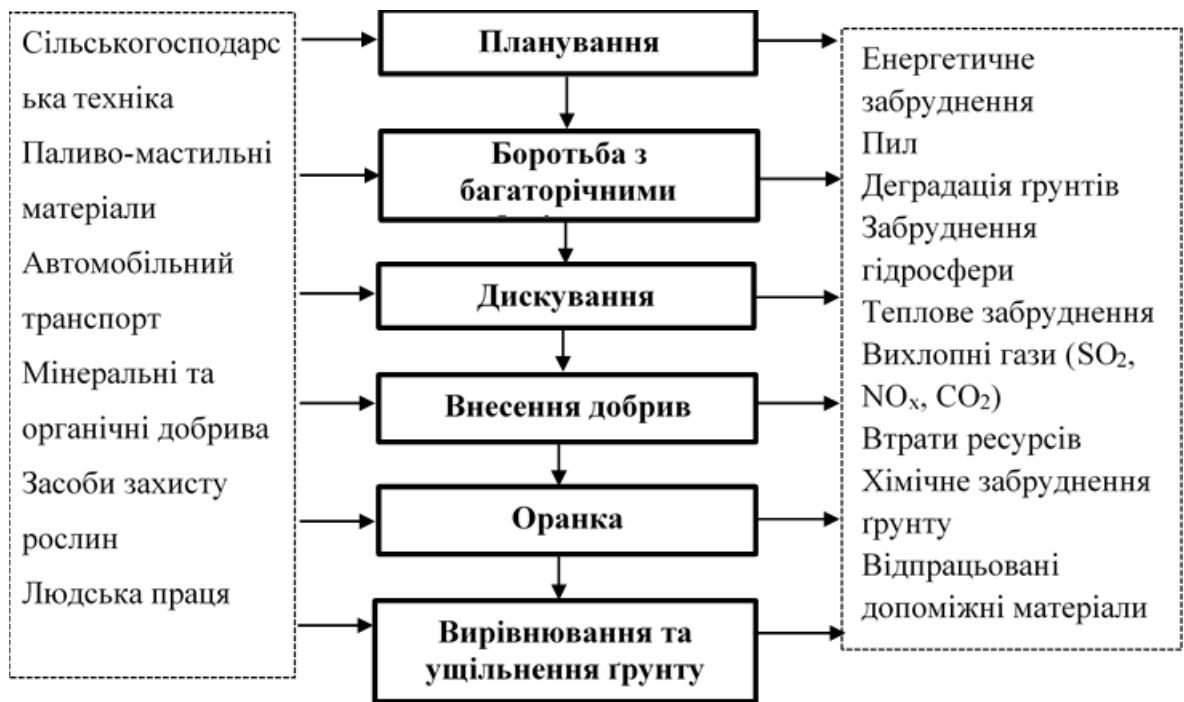


Рис. 3.4 – Підготовка ґрунту до посадки енергетичних культур

Підготовка посадкового матеріалу залежить від його виду. Наприклад:

- деревовидні (верба, тополя) передбачають сезонну заготовку саджанців (наприклад, верба – січень-лютий), зберігання (оптимальна температура зберігання саджанців – -4°C, підготовка до посадки (в залежності від технології посадки, виду посадкового матеріалу, його стану – порізка, підрізка, замочування саджанців)

- міскантус розмножується вегетативно — ризомами. Їх розділяють з кореневищ 3-4-річного віку, які викопують перед садінням – навесні (вікно для посадки — півтора місяці з квітня по травень). Для посадки потрібні ризоми з 5-6 ростовими бруньками для кращого вкорінення. Від кількості ростових бруньок залежить і темп відростання і розвиток вегетативної маси рослин — чотири чи п'ять — це має значення;

- світчграс (просо прутоподібне) розмножується насінням. Підготовка до посадки відповідає такій для будь-яких схожих сільськогосподарських культур.

Посадка енергетичних культур передбачає отримання певної густоти насадження, яка дозволить отримати максимальний врожай. Норми посадки також є різними. Так, на 1 га потрібно 15 000 шт саджанців верби, 9 000 шт – для

тополі, 16-17 тисяч ризом міскантусу. Різними є оптимальні значення відстані між окремими саджанцями та ширини міжрядь, які можуть також залежати від наявної сільськогосподарської техніки.

Якщо операції вирівнювання та ущільнення ґрунту не були проведені раніше, вони проводяться перед посадкою. Також може бути потреба в боронуванні.

В загальному вигляді операції підготовки до посадки та посадка енергетичних культур зображені на рис. 3.5.



Рис. 3.5 – Підготовка та посадка енергетичних культур

Перелік операцій, що здійснюються під час **вирощування енергетичних культур** залежить від виду культури, ґрунтово-кліматичних умов та періодичності збирання врожаю. Наприклад, деревні культури (тополя та верба) мають трирічний цикл вирощування. При цьому основна інтенсивність припадає на перші 2 роки вирощування.

Догляд за плантаціями першого року є дуже важливим для енергетичних рослин, які ще вкорінюються і мають недостатньо розвинену кореневу систему. Процес повинен включати технологічні операції із захисту від бур'янів, шкідників та хвороб. За потреби вносяться добрива, здійснюється полив.

Для **збору і транспортування врожаю** використовується спеціальна

техніка, вибір якої пов'язаний з видом енергетичної культури та обраним способом її збору (тріска, пагони, дрова, солома та інше).

Крім польових робіт вплив сільськогосподарського підприємства на довкілля пов'язаний з функціонуванням:

- Парку сільськогосподарської техніки та автотранспорту;
- Ремонтно-механічної майстерні;
- Автозаправочної станції;
- Адміністративно-побутових, складських та інших приміщень та будівель;
- Котельних.

В представленому переліку не враховуються супутні виробництва, характерні для сільськогосподарського підприємства і пов'язані з вирощуванням сільськогосподарських тварин та птиці, переробкою продукції рослинництва, тваринництва і птахівництва.

Розглянемо деякі з перелічених виробництв окремо.

Тепло у вигляді основного теплоносія – пару виробляється в **котельній**. Спрощена схема виробництва тепла представлена на рис. 3.6.

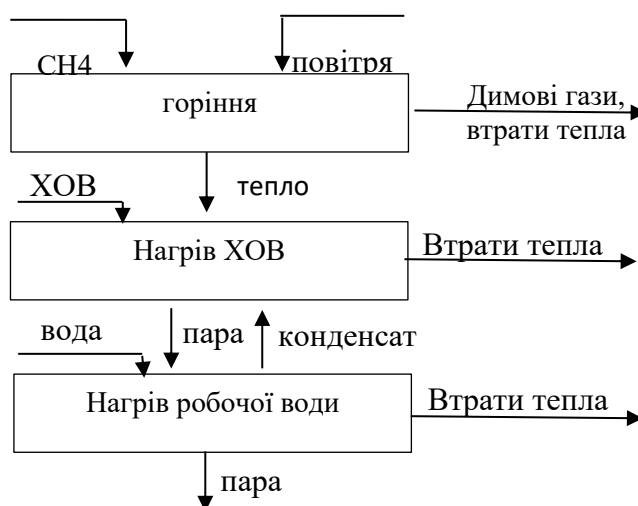


Рис. 3.6 – Схема роботи котельні

Відповідно до представленої схеми виробництво тепла включає спалювання палива, за рахунок чого нагрівається очищена хімічними методами вода. Як правило нагрівання проводиться до отримання перегрітої пари, яка потім

використовується для нагріву теплоносія – води чи повітря. Менш потужні системи можуть безпосередньо енергією палива чи електроенергією нагрівати повітря для обігріву приміщень, або воду для автономних систем теплозабезпечення.

Адміністративна діяльність. Одним з видів управлінських робіт, спрямованих на забезпечення ефективності і високого рівня управління кадрами на підприємстві є адміністрування. Адміністрування націлене на якісне виконання усіх управлінських процесів і робіт. Це досягається за рахунок своєчасного коригування дій виконавців з метою виконання ними встановлених вимог. Здійснення адміністрування спирається на оперативне надходження інформації щодо ходу керованих процесів і її обробку. За наявності досить достовірної і своєчасної інформації адміністратор має можливість оперативно впливати на виконувані роботи, забезпечувати досягнення заданих результатів. Спрощена схема адміністративної діяльності представлена на рис. 3.7.

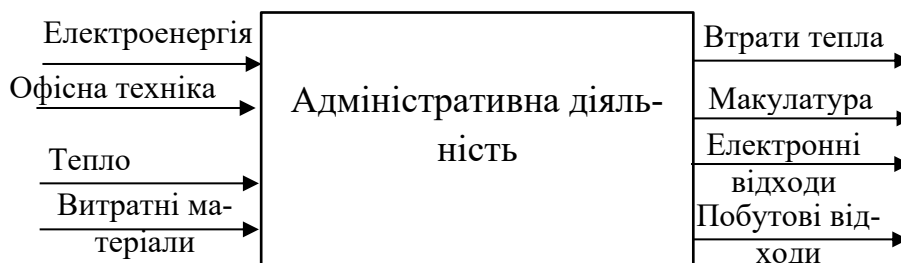


Рис. 3.7 – Схема адміністративної діяльності

Ремонтно-механічна майстерня проводить комплекс операцій, спрямованих на підтримку працездатності або справності сільськогосподарської техніки, устаткування, автомобільного транспорту під час його використання за призначенням, очікування, зберігання й транспортування (рис. 3.8).

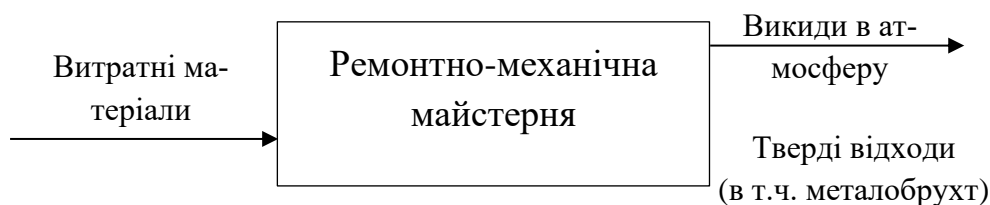




Рис. 3.8 – Схема роботи ремонтно-механічної майстерні

Ремонт — це процес зміни, відновлення, покращення, доведення об'єкта до початкових характеристик. Спрацювання техніки та обладнання в процесі його експлуатації й нераціональна організація технічного обслуговування та ремонту призводять до збільшення простоїв в ремонті, до погіршення якості обробки й зростання браку, а також до збільшення витрат на ремонт, до знецінення підприємства, зменшення його оціночної вартості.

Вплив на довкілля **парку тракторної, спеціальної та автомобільної техніки**. Для виготовлення продукції на заводі з виробництва соків проходить багато транспортних операцій, за допомогою яких доставляється сировина, вивозяться відходи. Після виготовлення продукцію поставляють на продаж. Схема роботи автотранспортного господарства показана на рисунку 3.9.

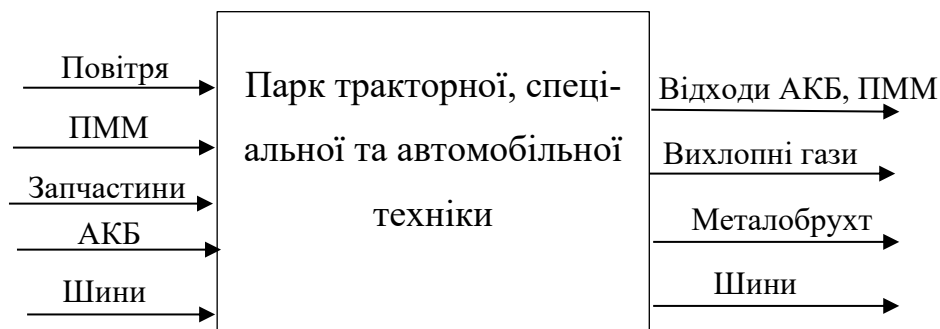


Рис. 3.9 – Схема роботи технічного парку

Ще одним процесом, що заслуговує уваги є обслуговування будівель та систем енергозабезпечення (рис. 3.10) включає в себе, крім планового обслуговування обладнання, транспортної та розподільної систем, проведення ремонтно-аварійних робіт.

Для проведення усіх зазначених робіт необхідно використання спеціалізованого обладнання та витратних матеріалів: будівельних матеріалів та запасних частин. З переліку будівельних найбільш цікавими є ізоляційні

матеріали та системи, значення яких останнім часом стає все більш значним.

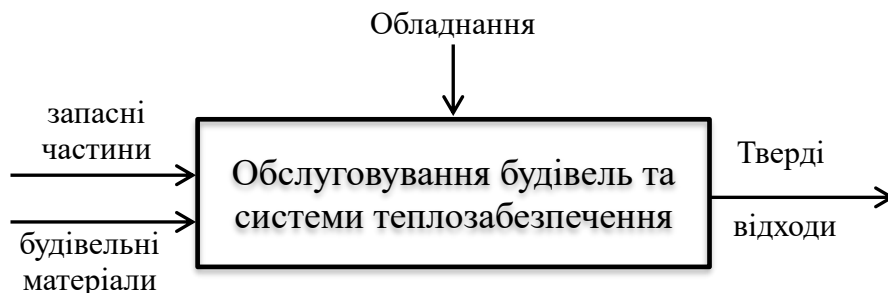


Рис. 3.10 – Обслуговування будівель та системи теплозабезпечення

Основним вихідним аспектом на стадії обслуговування будівель та системи теплозабезпечення є тверді відходи, до складу яких входять відпрацьовані будівельні матеріали та їх залишки після проведення робіт з обслуговування, зламані та непридатні до подальшого використання елементи системи генерації, транспортування та використання тепла.

3.2 Обґрунтування методики розрахунку впливу життєвого циклу енергетичних культур на довкілля

Оцінку впливу життєвого циклу енергетичних культур на довкілля пропонується проводити, використовуючи показник Повної Еквівалентної Емісії Парникових Газів (ПЕЕПГ), яку вже тривалий час використовують в наукових дослідженнях ОНТУ. ПЕЕПГ є комплексним критерієм оцінювання впливу промислового виробництва на навколишнє середовище і клімат, заснований на еколого-енергетичному аналізі виробництва з урахуванням життєвого циклу продукції і виражається в еквівалентних одиницях CO₂ на одиницю виробленої продукції. Критерій дозволяє забезпечити ефективне управління виробництвом з метою підвищення його економічних і екологічних показників.

Слід зазначити, що традиційний розрахунок, коли результати зводяться до одиниці продукції у випадку оцінки впливу на довкілля енергетичних культур

може виявитись недоцільним, адже одиницею продукції можуть бути дуже різні величини: загальна маса продукції, маса сухої речовини продукції, енергетичний еквівалент сирової або сухої речовини продукції. Останній показник краще співвідноситься з цільовим призначенням продукції – виробництвом енергії, але не враховує подальше використання продукції, наприклад, необхідність зберігання, підготовки до зберігання та використання (подрібнення, висушування, пресування та інше), використання (спалювання) або переробку (виробництво біоетанолу, біодизелю, біогазу з подальшим очищенням до біометану або без нього, продуктів термічного розкладання та інше) в продукт, придатний до використання та його зберігання, транспортування до споживача і використання для виробництва електроенергії, тепла, холоду (рис. 3.11).



Рис. 3.11 – Варіативність використання енергетичних культур

Тобто, в залежності від хімічного складу енергетичних культур, потреб споживача та технічних, фінансових та інших можливостей виробника може бути декілька нерівнозначних з точки зору впливу на довкілля варіантів.

Також слід враховувати придатність до переробки та можливості переробки кожного конкретного біоенергетичного ресурсу. Розглядають такі результати переробки ресурсу:

- Теоретично можливий (максимальний) – той, який може бути отриманий, виходячи із хімічного складу сировини;
- Технічно доступний – той, який може бути досягнутий наявними технічними засобами. Тут можна розглядати як існуючі в конкретному господарстві засоби, так і доступні до придбання технології та обладнання для їх реалізації. Тут також можуть бути враховані різного типу обмеження, такі як екологічні, просторові та інші обмеження нетехнічного характеру;
- Економічно доцільний – така частина технічно доступних можливостей, яка відповідає економічним критеріям (здатності забезпечити максимальний економічний ефект) з урахуванням відповідних обмежень: потреби та доступність споживача, наявність конкурентів, соціальні, політичні та інші.

Очевидно, що є необхідність в почерговому аналізі усіх трьох складових. Такий аналіз є багатоваріативним та досить складним.

Тому в роботі пропонується оцінювати вплив на довкілля лише процесів вирощування енергетичних культур, включаючи стадію збору та вивезення з поля врожаю. Звичайно, така оцінка не буде враховувати повний життєвий цикл енергетичної культури, але вона буде гарною відправною точкою до подальшого аналізу у відповідності до рис. 3.11.

Оскільки теоретично можливий результат енергетичного використання будь-якого біоресурсу визначається кількісними характеристиками хімічного складу, а сама кількість, у відповідності до проведеного вище аналізу, залежить від ґрунтово-кліматичних умов, сортового потенціалу та ресурсно-технологічного забезпечення вирощування (частина біоенергетичного потенціалу відповідно до рис. 1.2) пропонується в якості одиниці вимірювання використовувати енергетичний еквівалент хімічного складу віднесений до одиниці площі, на якій енергетичну культуру вирощували, та перерахований в одиниці впливу – еквівалентну емісію парникових газів, виражену в одиницях маси вуглекислого

газу як основного парникового газу.

Енергетичний еквівалент хімічного складу сільськогосподарської продукції використовується [47-49] для оцінювання енергетичної ефективності сільськогосподарського виробництва:

$$BE_y = Y \cdot K_c \cdot q_{np} \quad (3.1)$$

де BE_y – вміст валової енергії, що накопичена врожаєм, віднесена до 1 га сільськогосподарських угідь, МДж/га;

Y – урожайність товарної продукції, т/га;

K_c – середній коефіцієнт вмісту сухої речовини;

q_{np} – вміст загальної енергії у 1 т сухої речовини культури, МДж/т.

Розрахунок ПЕЕПГ проводиться на підставі доступної інформації, перш за все економічної, у тому числі і про вартість конструкційних матеріалів, комплектуючих виробів, будівельних витрат, витрат на обслуговування та утилізацію.

Проведений в попередньому розділі аналіз складових повного життєвого циклу виробництва енергетичних культур дозволяє приступити до розрахунку складових ПЕЕПГ відповідно із загальною формулою:

$$ПЕЕПГ = M + E_{л.п.} + E_n + E_{об} + E_{рем} + E_{ут.об} + E_{ут.прод} \quad (3.2)$$

де M - пряма еквівалентна емісія ПГ, кг

$E_{л.п.}$, E_p , $E_{об}$, $E_{рем}$, $E_{ут.об}$, $E_{ут.прод}$. – відповідно емісії ПГ, еквівалентні людській праці; ресурсам (матеріалам і енергоносіям), що використані сільськогосподарським підприємством; обладнанню, капітальним спорудам і т.д.; поточним витратам на маркетинг і логістику, обслуговування обладнання, капітальних споруд і т.д.; утилізації обладнання, капітальних споруд і т.д.; утилізації продукції, кг CO_2 / кг продукту.

Розрахунок складових формули 3.2 будемо здійснювати виходячи з еквівалентності витрат емісії CO₂, що в загальному виді буде описуватись формулою:

$$ПЕЕПГ = M + \frac{\bar{\beta}}{c_{ек}} (C + C^{об} + C^p + C_{л.п.} + C^{ум.об.} + C^{ум.пр.}) / V_n \quad (3.3)$$

де c^p - витрати на ремонт обладнання, споруд і т. д., грн / кг продукції;

$c^{ум.об.}$ - вартість утилізації обладнання, капітальних споруд і т.і., грн / кг продукції. Визначається як витрати на демонтаж, вивіз та утилізацію з можливим повторним використанням. Утилізація передбачає в тому числі використання обладнання в якості металобрухту, будівельних конструкцій – при будівництві доріг, дамб та інше. Повторне використання передбачає продаж морально застарілого обладнання саме в якості обладнання;

$c^{об}$ – вартість устаткування, споруд і т.д., грн / кг продукції. Розраховується на основі значень амортизаційних відрахувань;

M - маса ПГ, які виділяються у виробничому процесі при створенні одиниці продукції, кг/1 кг продукції;

$$M = \sum_j m_j \cdot GWP_j \quad (3.4)$$

де m_j - маса j -го ПГ, що виділяється безпосередньо у виробничому процесі при створенні одиниці продукції, кг / 1 кг продукції. Враховується пряма емісія парникових газів, що виділяються при спалюванні пального тракторами, комбайнами, автотранспортом, палива котельними. Для умов сільськогосподарського виробництва може бути врахована емісія парникових газів в позитивному (виділення), чи негативному (депонування) значенні. Позитивний чи негативний баланс емісії парникових газів розраховується за результатами зміни стану ґрунту в результаті його обробітку;

GWP_j - потенціал глобального потепління j -го ПГ, кг CO₂/кг газу;

$E_{заг}$ - емісія ПГ, еквівалентна загальній вартості матеріалів та енергоносіїв, використаних обладнанням, кг CO_2 /кг продукції;

$E_{л.п.}$ - емісія ПГ, еквівалентна людській праці при виробництві продукції, кг CO_2 /кг продукції. Враховуючи, що оплата праці може бути визначена як еквівалент енергії:

$$E_{л.п.} = e'_{л.п.} \cdot \bar{\beta} \quad (3.5)$$

1) де $\bar{\beta}$ - середнє значення емісії CO_2 при виробництві 1 кВт·год електроенергії, обумовлене структурою виробництва електроенергії (частина теплових, атомних, гідро-та ін видів електростанцій в загальному виробництві електроенергії), кг CO_2 /кВт·год. Для України цей показник складає 0,20375 кг CO_2 /кВт·год [50, 51];

$e'_{л.п.}$ енергетичний еквівалент людської праці, кВт·год / кг продукції;

$$e'_{л.п.} = \frac{\Phi_з}{T} \quad (3.6)$$

де $\Phi_з$ - фонд заробітної плати, грн / кг продукції. Розрахунок ведеться на підставі штатного складу працівників на підприємстві і середньої по галузі заробітної плати:

$$\Phi_з = \frac{n_{л.п.} \cdot ЗП}{\tau \cdot g} \quad (3.7)$$

де $n_{л.п.}$ - витрати людської праці, чол·год / одиницю продукції;

ЗП - середня по галузі заробітну плату, грн. За наявності даних по конкретному сільськогосподарському підприємству використовуються фактичні дані;

τ - час роботи підприємства, год / добу;

g - продуктивність підприємства, кг / рік. Оскільки специфіка сільськогосподарського виробництва полягає в сезонності робіт, враховується врожай (чи врожаї) зібраний протягом сезону;

$$\bar{T} = \frac{\sum c_i}{\sum E_i} \quad (3.8)$$

де c_i – вартість i -го ресурсу, грн;

E_i – кількість i -го ресурсу, кВт·год / рік;

$c_{ек}$ – еквівалентна вартість енергетичних ресурсів, що споживаються підприємством, грн / кВт·год;

$$c_{ек} = \frac{\sum C_n}{\sum E} \quad (3.9)$$

де C_n – вартість n -го виду ресурсу, спожитого підприємством, грн./кг продукції;

E_n – кількість n -го виду ресурсу, спожитого підприємство;

G – продуктивність, кг / рік;

$c_k^{об}$ – вартість k -го виду обладнання, капітальної споруди і т.д., грн.

Розраховується як вартість основних фондів;

N_k – нормативний термін експлуатації k -го виду обладнання, капітальної споруди тощо, років;

e_j – окремі поточні витрати, грн. Наприклад, поточні витрати на ремонт обладнання розраховують за формулою:

$$E_{об} = (c_k^p \cdot n_k^p / N_k) \quad (3.10)$$

c_k^p – вартість ремонту k -го виду обладнання, капітальної споруди і т.д., грн.;

n_k^p – середня кількість ремонтів k -го виду обладнання на рік;

$c_k^{ym.ob}$ – вартість утилізації k-го виду обладнання, капітальної споруди тощо, грн. Визначається як витрати на демонтаж, транспортування та утилізацію з можливим рециклінгом.

Пряма емісія парникових газів

Розрахунок прямої емісії парникових газів можна здійснювати через врахування процесів, що призводять до їх появи. Нижче наведено приклад такого розрахунку для спалювання природного газу відомого об'єму.

Емісія CO₂, що здійснюється при згорянні природного газу

Розрахунок прямої емісії CO₂ починаємо з визначення маси газу:

$$m_{\Gamma} = V_2 \times r_2 \quad (3.11)$$

де m_2 – маса природного газу, що споживається підприємством, кг;

V_2 – об'єм природного газу, м³;

R_2 – густина природного газу при н.ф.у., кг/м³ $r_{\Gamma} = 0,7240$

Природний газ має такий склад: на 1 м³ природного газу приходиться CH₄ = 98 %; CO₂ = 0,2 %; N₂ = 1,8 %.

Відповідно, кількість та маса метану на даний об'єм газу складає відповідно:

$$m_{мет.} = V_{мет.} \times r_{мет.} \quad (3.12)$$

де $m_{мет.}$ – маса метану, кг;

$r_{мет.}$ – густина метану при н.ф.у., кг/м³. $r_{мет.} = 0,717$.

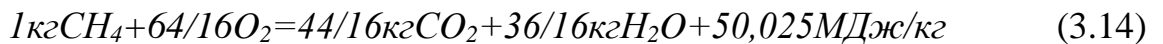
Кількість та маса CO₂ на даний об'єм газу складає відповідно:

$$m_{вуг.газу} = V_{вуг.газу} \times r_{вуг.газу} \quad (3.13)$$

де $m_{вуг.газу}$ – маса CO₂, кг;

$r_{вуг.газу}$ – густина CO₂ при н.ф.у., кг/м³. $r_{вуг.газу} = 1,976$ кг/м³.

Горіння метану відбувається з утворенням CO_2 і H_2O :



Отже, на 1 кг метану приходиться 4 кг або 2,8 м³ кисню; 2,75 кг або 1,4 м³ вуглекислого газу і 2,25 кг або 2,79 м³ води. На 1 м³ метану приходиться 2 м³ кисню, 1 м³ вуглекислого газу і 2 м³ води.

Емісія CO_2 , що здійснюється при розкладанні органічних відходів

Розрахунок проводили виходячи з того, що тверді відходи розкладаються при анаеробних умовах, стічні води – при аеробних. За літературними даними 1 кг органіки, що розкладається в анаеробних умовах дає 0,257 кг CH_4 , 0,457 кг CO_2 та 0,286 кг H_2O , а в аеробних умовах – 1,1638 CO_2 .

Метан, що утворюється при розкладанні органіки може потрапляти одразу в атмосферу, спалюватись в системах факельного типу, використовуватись в якості пального, замінюючи викопне паливо. Отже, емісія CO_2 при анаеробному розкладанні органіки може бути розрахована трьома способами:

- у випадку неконтрольованого розкладання за формулою:

$$m\text{CO}_{2\text{-екв}} = m\text{CO}_2 + m\text{CH}_4 \cdot \text{GWP}_{\text{CH}_4}, \text{ кг } \text{CO}_{2\text{-екв}}/\text{кг} \quad (3.15)$$

$$m\text{CO}_{2\text{-екв}} = 0,457 + 0,257 \cdot 25 = 6,882 \text{ кг } \text{CO}_{2\text{-екв}}/\text{кг}$$

- при факельному спалюванні:

$$m\text{CO}_{2\text{-екв}} = m\text{CO}_2 + m\text{CH}_4 \cdot K_{\text{п}}, \text{ кг } \text{CO}_{2\text{-екв}}/\text{кг} \quad (3.16)$$

$$m\text{CO}_{2\text{-екв}} = 0,457 + 0,257 \cdot 2,75 = 1,164 \text{ кг } \text{CO}_{2\text{-екв}}/\text{кг}$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт перерахунку метану в $\text{CO}_{2\text{-екв}}$ при спалюванні. Отримуємо шляхом розрахунку за методикою, наведеною для природного газу (формула 4.14). $K_{\text{п}} = 2,75 \text{ кг } \text{CO}_2/\text{кг } \text{CH}_4$.

- із заміною пального. В цьому випадку необхідно розуміти, що вуглекислий газ, що утворюється при спалюванні біогазу, не призводить до збільшення вмісту парникових газів в атмосфері, адже він природного походження і є результатом кругообігу вуглецю в природі. Аналогічно в розрахунках емісії може не враховуватись вуглекислий газ, що утворюється при розкладанні органіки та при спалюванні біогазу. Має бути врахований лише біометан з огляду на його більш високий потенціал глобального потепління, але з корекцією на природну складову, тобто GWP_{CH_4} буде зменшено на GWP_{CO_2} і буде дорівнювати 24.

При практичних розрахунках доцільно використовувати перевідні коефіцієнти, які можна знайти в спеціальній літературі або попередньо розрахувати (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Перевідні коефіцієнти розрахунку викидів парникових газів

Назва процесу	Од. вим.	Коеф. перерахунку в кг CO ₂	Джерело даних
Спалювання природного газу	м ³ /кг	1,94 / 2,67	Розрахунок
Розкладання органіки в умовах			
- аеробних		1,1638	Розрахунок
- анаеробних неконтрольованих	кг СР	6,882	
- анаеробних із спалюванням		1,164	
- анаеробних із заміною природного газу		0,457	

З огляду на впровадження в Україні обов'язкового моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів (МЗВ) з установок [52] можна скористатись відповідними коефіцієнтами та методиками розрахунку [53, 54]. Емісія парникових газів від стаціонарних джерел також може бути розрахована відповідно до рекомендацій щодо заповнення форми статистичної звітності № 2-ТП (повітря) [55].

Розраховуючи викиди парникових газів від сільськогосподарської техніки

та транспортних засобі слід враховувати їх технічний стан, особливості їх використання та особливості процесів горіння пального. З відомих методик можна скористатись вже недіючими документами, в яких ці методики описані [56, 57].

Також можна скористатись Загальними методичними рекомендацій щодо змісту та порядку складання звітів з оцінки впливу на довкілля, рекемендованих Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України [58], в яких є посилання на рекемендовані збірники коефіцієнтів викидів та методики розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, в тому числі і парникових газів.

Емісія CO₂, еквівалентна людській праці

Розрахунок емісії CO₂, що еквівалентна людській праці, базується на принципі оцінки вартості оплати праці через еквівалентну вартість енергетичних ресурсів.

Еквівалентна вартість енергетичних ресурсів

Розраховується для визначення еквівалентної емісії парникових газів, відповідних енергетичним ресурсам. Еквівалентна вартість енергетичних ресурсів $c_{ек}$, грн/кВт·год залежить від їх кількості та вартості, або, за неможливості встановити їх вартість, від кількості і вартості спожитих для їх виробництва інших енергоресурсів за формулою 3.9.

Еквівалентна вартість енергетичного еквівалента людської праці

Розрахунок середнього тарифу спожитих державою енергоресурсів зведено в таблицю 3.3. Для розрахунку використовували дані державної статистичної звітності [59]. Враховуючи, що частина енергоресурсів, які використовуються в Україні і в Енергетичному балансі проходять під назвою «Загальне постачання первинної енергії», йдуть на виробництво електроенергії та внутрішнє споживання виробництвом (рис. 3.12), з метою уникнення подвійного врахування споживання енергії для розрахунку будемо використовувати дані з категорії «Кінцеве споживання».

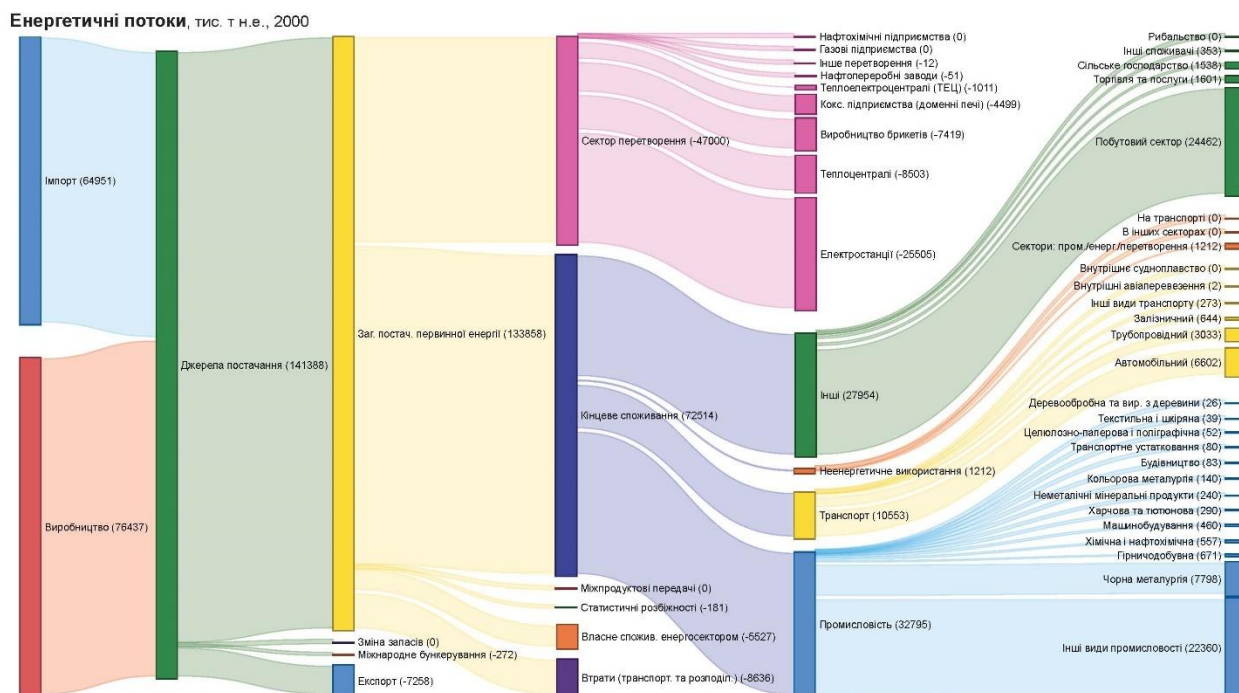


Рис. 3.12 – Енергетичні потоки України в 2020 р. (за даними Управління державної статистики України [59])

Значимі дані з категорії «Кінцеве споживання» та результати розрахунків зведено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Зведені результати розрахунку енергетичного еківаленту, спожитих в 2020 році в Україні ресурсів [59]

Показник	Вугілля й торф	Сира нафта	Нафтопродукти	Природний газ	Біопаливо та відходи	Електроенергія	Теплоенергія
Кінцеве споживання	5822	8	9646	13179	2181	9760	7177
Кількість, (ТВт×год)	11630						
	67,71	0,09	112,18	153,3	25,36	113,51	83,46
Кількість в натур. вираженні	1,429	0,98	0,98	1,073	3,32	11630	10,01
	8317,5 тис. т	7,885 тис. т	9503,4 тис. т	14*10 ⁶ тис. м ³	7245,8 тис. т	113,5 ТВт*год	71814 Ткал
Ціна, грн	2688,736 352 грн/т	8856,2 грн/т	20400 грн/т	4822,3 грн/ тис. м ³	1500,2 грн/т	1,7 грн/кВт	1408 грн/Гкал
Вартість, млн. грн	22363,6	69,8	193870	68191,7	10870,6	193456	101134

В результаті розрахунку отримуємо $\bar{T} = 1,062$, грн./кВт·год.

Енергетичний еквівалент людської праці приблизно може бути розрахований по формулі:

$$e_{л.п.} = \frac{\Phi_3}{\bar{T}_{п.п.}} \quad (3.17)$$

де Φ_3 – фонд заробітної плати, грн./рік;

Середня заробітна плата, грн./год;

$n_{л.п.}$ – кількість люд·год. в рік;

Емісія CO₂, еквівалентна використаним ресурсам

Розрахунок емісії CO₂, еквівалентний вартості та кількості використаних в ході виробництва ресурсів здійснюється аналогічно попереднім розрахункам п на основі використання коефіцієнту емісії CO₂ еквівалентному середній емісії спожитих у ході виробництва ресурсів.

Емісія CO₂, еквівалентна вартості обладнання та капітальних споруд та витратам на їх ремонт та обслуговування

Еквівалентну вартість обладнання та капітальних споруд розраховували як вартість основних фондів з урахуванням нормативного терміну їх експлуатації, віднесених до одиниці продукції. Для аналізованих автоклавів вона буде дорівнювати сумі вартості автоклава і частини приміщення цеху, яку займає автоклав, віднесена до нормативного терміну експлуатації та продуктивності автоклава.

$$c^{об} = \Phi / N \cdot G \quad (3.18)$$

де Φ – вартість основних фондів, грн; N – нормативний термін експлуатації основних фондів, років; G - продуктивність підприємства, кг / рік.

Еквівалентну вартість ремонту обладнання та капітальних споруд, за відсутності точних даних, можна приймати на рівні середніх по сільському господарству значень, які враховуються як частка (k) від вартості обладнання:

$$C^p = (C^a + C^u) \cdot k \quad (3.20)$$

3.3 Розрахунок впливу життєвого циклу енергетичних культур на довкілля

Для прикладу розглянемо оцінювання впливу на довкілля процесів вирощування Міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) як однієї з найбільш перспективних енергетичних культур з огляду на природно-кліматичні умови України.

Для розрахунку використано наступні вихідні дані:

- площа вирощування – 100 га, підготовка плантації включає підготовку та обробіток ґрунту, внесення добрив (добрива вносять також кожного року після збору врожаю і до появи сходів; з 2–3 року на 1 га щорічно необхідно до 200 кг добрив, третина з яких — азот та калій);
- посадка міскантуса – 15 тис. ризом на 1 га, вартість посадкового матеріалу – 2,0 грн (при кількості більше 1 млн. шт);
- врожайність 20-30 т сухої речовини / га, вологість при збиранні – 20 % (мінімальна – 12%), нижча теплотворна здатність 17 МДж/кг сухої речовини;
- збирають врожай прямим комбайнуванням: спочатку зрізають і подрібнюють, потім — тюкують;
- кількість задіяних працівників – 5 осіб;
- використовувана техніка: сівалка, трактор, культиватор, дискова борона, розкидач добрив, обприскувач, мульчитель, прес-підбирач, тюкозбірник та інша);
- тривалість вирощування рослин на одному полі – 20 років [60-70].

При проведенні розрахунків рахували наступне – в перший рік після посадки міскантус не збирають зважаючи на низьку врожайність, врожайність в 20 т сухої речовини /га досягається на другий рік, максимальна потенційна

врожайність – 35 т сухої речовини /га, збір урожаю – кожний рік, починаючи з другого, на тверде паливо рослини збирають протягом зимового періоду до березня, продукція – тріска міскантуса у відповідності до ДСТУ EN 15234-4:2013 [71].

Також в розрахунках враховано, що основні витрати при вирощуванні міскантуса гігантського здійснюються при закладанні плантацій та протягом перших трьох років (до 40 тис. грн/га), в подальші роки витрати будуть складати 3-4 тис. грн/га. Розрахунки усереднені для 20 років вирощування [72]

Відомо, що міскантус маючи позитивний енергетичний баланс при культивуванні забезпечує позитивний баланс гумусу. Після чотирьох років вирощування на 1 га він накопичує 15-20 т підземної біомаси, що еквівалентна 7-9 т/га вуглецю. Вже після п'ятого року життя спостерігається нехай і незначне (0,1-0,2%), але збільшення вмісту гумусу [73]. З огляду на неможливість точного врахування кількості депонованого вуглецю, в розрахунках цей показник не враховували.

Зведені результати розрахунків емісії парникових газів вирощування міскантуса гігантського в кг CO₂/га*рік наведено в таблиці 3.4 та рис. 3.13.

Як видно з представлених даних, найбільша емісія парникових газів (42 %) пов'язано з роботою сільськогосподарської та транспортної техніки (28 %) разом з викидами від спалювання пального (14 %). Другим за значенням фактором емісії (37 %) є оплата праці працівників на полі (8 %) та оплата за обслуговування обслуговування виробництва (29 %), в тому числі ремонт і підготовка до роботи технічних засобів, менеджмент виробництва, охорона та інше.

Емісія, пов'язана з посадковим матеріалом виглядає незначною (10 %), але такою вона є з огляду на використання вітчизняних посадкового матеріалу та розподілу його впливу на весь термін вирощування (в розрахунках прийнято 20 років, хоча деякі дослідники вказують цей термін до 25-30 років).

Таблиця 3.4 – Зведені результати розрахунку емісії парникових газів при вирощуванні міскантусу

Фактор емісії	Емісія, кг CO ₂ /га*рік
Паливо-мастильні матеріали - пряма емісія (спалювання); - емісія життєвого циклу	379,79
Оплата праці - вирощування та збір врожаю - обслуговування виробництва	211,05 797,32
Засоби виробництва	790,09
Зберігання та реалізація тріски міскантусу	223,24
Посадковий матеріал	288,33
Засоби захисту та добрива (базове внесення)	76,89
Разом:	2766,71

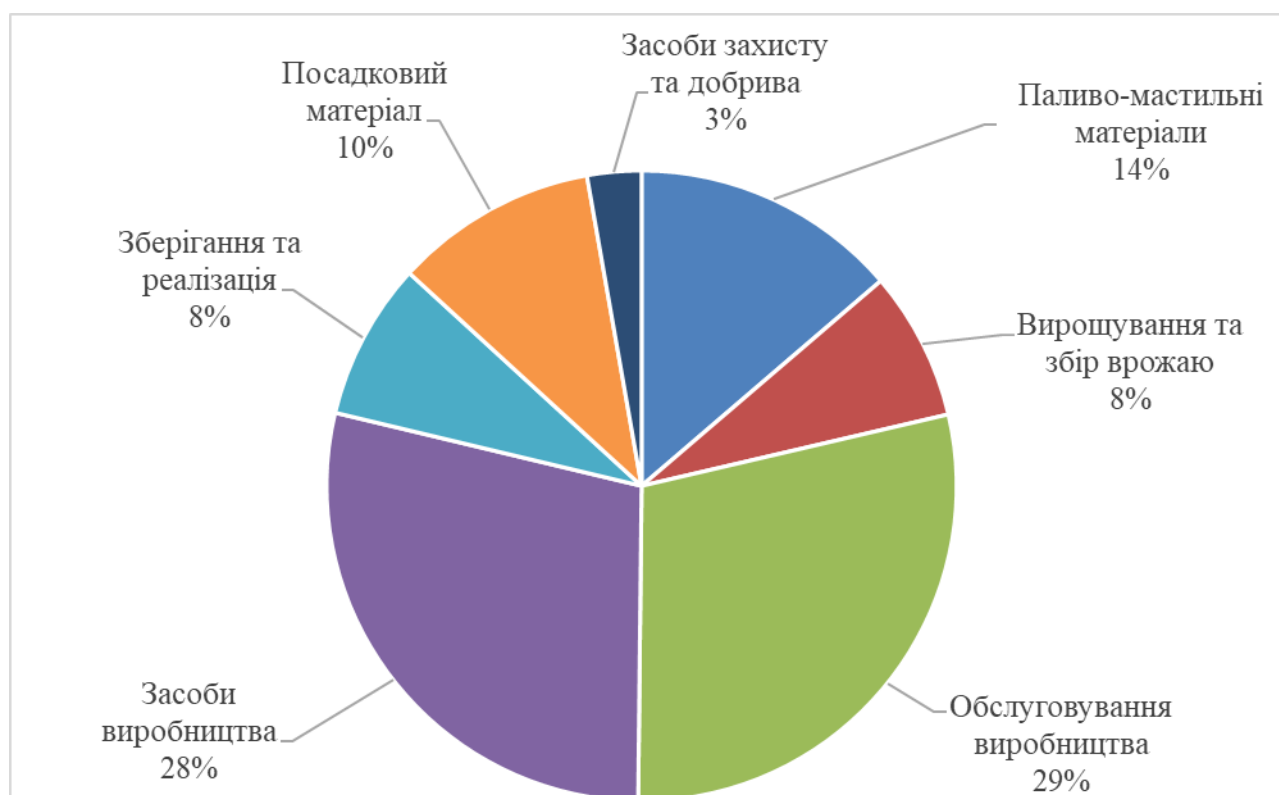


Рис. 3.13 – Вклад складових емісії парникових газів при вирощуванні міскантусу

Наведені в таблиці 3.4 та на рис 3.13 дані відповідають мінімальним витратам засобів захисту рослин та добрив, що є обов'язковими при підготовці плантації до посадки. Така ситуація можлива за умови досить високої якості ґрунту і відсутності необхідності протягом всього терміну вирощування застосовувати засоби захисту рослин. Відомо, що після кількох років вирощування на одному місці однієї культури, збільшується кількість шкідників, що може призвести до зменшення врожаю. Використання протягом всього терміну вирощування енергетичних культур обґрунтованих доз добрив та засобів захисту рослин дозволяє суттєво збільшити врожайність. Тенденції зміни емісії парникових газів при цьому наведено на рис. 3.14.

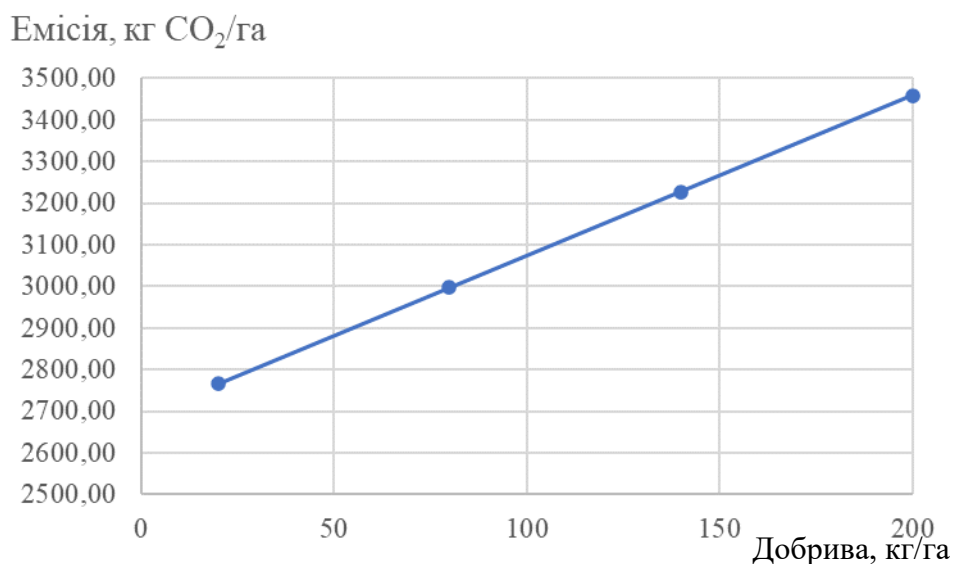


Рис. 3.14 – Емісія ПГ в залежності від кількості добрив

Як видно з представленого рисунку збільшення кількості добрив веде до закономірного збільшення емісії парникових газів з одного гектару плантацій. Але така ілюстрація не враховує збільшення врожайності.

З метою врахування позитивного екологічного ефекту від збільшення врожайності провели оцінки заміни міскантусом найбільш екологічного викопного палива – природного газу. Результати розрахунку представлені на рис. 3.15.

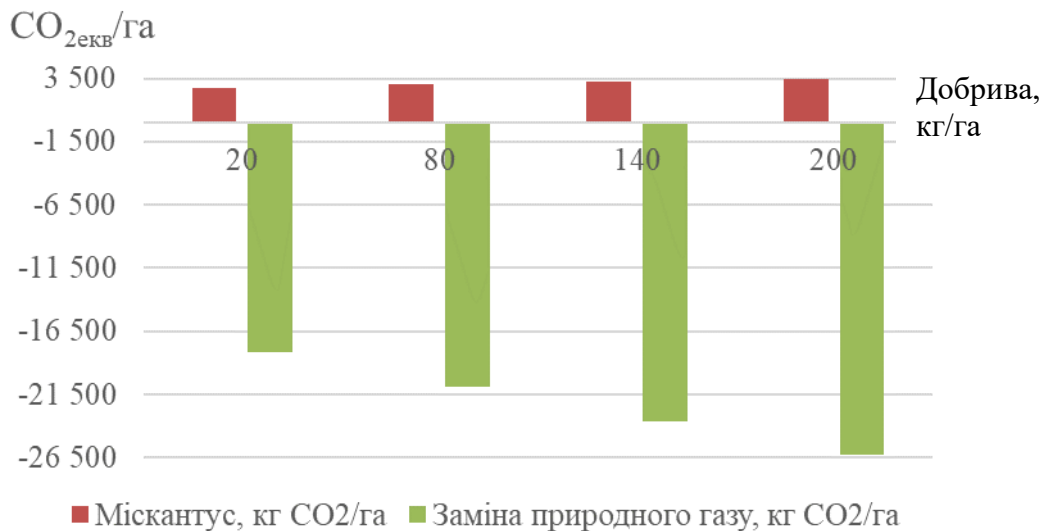


Рис. 3.15 – Екологічна ефективність тріски міскантусу

В таблиці видно, як збільшення добрив призводить до збільшення емісії від вирощування, а заміна вирощеним міскантусом у вигляді тріски природного газу призводить до зменшення емісії на кількість зекономленого природного газу.

Отже, найбільш ефективним з екологічної точки зору будуть інтенсивні технології вирощування енергетичних культур.

Висновки до Розділу 3

1. Теоретично можливий результат енергетичного використання будь-якого біоресурсу визначається кількісними характеристиками хімічного складу, який формується в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, сортового потенціалу та ресурсно-технологічного забезпечення вирощування

2. З метою уникнення подвійного обліку енергетичних ресурсів при розрахунку еквівалентної вартості енергетичних ресурсів доцільно використовувати показники категорії «Кінцеве споживання» з даних Управління державної статистики України.

3. Вирощування міскантусу приводить до еквівалентної емісії парникових газів, що складає від 2,8 до 3,5 тонни CO₂/га. Збільшення емісії відбувається при збільшенні витрат на добрива. Найбільша емісія парникових газів (42 %) для найменшої врожайності (з мінімальним використанням добрив) пов'язано з роботою сільськогосподарської та транспортної техніки (28 %) разом з викидами від спалювання пального (14 %). Другим за значенням фактором емісії (37 %) є оплата праці працівників на полі (8 %) та оплата за обслуговування обслуговування виробництва (29 %), в тому числі ремонт і підготовка до роботи технічних засобів, менеджмент виробництва, охорона та інше.

4. Емісія, пов'язана з посадковим матеріалом виглядає незначною (10 %), але такою вона є з огляду на використання вітчизняних посадкового матеріалу та розподілу його впливу на весь термін вирощування (в розрахунках прийнято 20 років, хоча деякі дослідники вказують цей термін до 25-30 років).

5. Екологічна ефективність вирощування енергетичних культур обумовлена двома факторами: можливістю заміни викопних видів палива та покращенням родючості ґрунту (депонуванням в ньому вуглецю). Найбільш ефективним з екологічної точки зору є інтенсивні технології вирощування енергетичних культур.

РОЗДІЛ IV

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при використанні механізованих засобів в технології вирощування енергетичних культур [74]

Незважаючи на позитивні зміни, Україна як і раніше випереджає розвинені країни за кількістю травмованих на виробництві. Серед основних причин-загальна соціально-економічна ситуація в країні, яка відстає від світових тенденцій і розвитку в галузі охорони праці, перевага пільг і компенсацій за роботу в шкідливих умовах над витратами на профілактику нещасних випадків і професійних захворювань.

Слід пам'ятати, що рівень травматизму у виробничій сфері тісно пов'язаний з технічними процесами, обладнанням, організацією виробництва, ергономічною організацією робочого місця.

Вкрай незадовільна організація навчання та інструктажу працівників з проблем охорони праці (11,5% нещасних випадків сталося з цієї причини), незадовільна організація праці (10,6% нещасних випадків), порушення техніки безпеки (21,7%), експлуатація несправних машин і устаткування (11,8%). Останнім часом почастишали випадки ураження працівників електричним струмом, а також нещасні випадки за участю людей, які перебувають у стані алкогольного сп'яніння.

Найвищий рівень травматизму спостерігається при виконанні робіт, пов'язаних з експлуатацією сільськогосподарської техніки і транспортних засобів. Водночас на трактористів (49,3%) та водіїв (28,4%) припадає найвищий рівень травматизму. Групи інших механізаторів постраждали менше, в тому числі зернозбиральні комбайни (10,5%), Причепи (2,9%) та інші механізatori (6,9%).

Найбільш поширеними причинами нещасних випадків на виробництві є неправильна поведінка і некоректні методи роботи невідготовлених працівників,

а також людей, які не пройшли інструктаж. Щоб знизити рівень травматизму, необхідно в першу чергу вжити організаційних заходів і зміцнити дисципліну праці і промисловості.

Організаційні та соціально-економічні заходи щодо поліпшення умов праці також відіграють важливу роль у зниженні рівня нещасних випадків на виробництві. Важливо сприяти забезпеченню безпеки та гігієни праці, профілактичним заходам, ефективному навчанню співробітників, головним чином, підвищенню кваліфікації операторів верстатів, а також вдосконаленню роботи служб охорони праці кожного підприємства.

Також важливо, щоб працівники та керівники підприємств знали та дотримувались правил та інструкцій з охорони праці, дотримувались вимог Закону Про охорону праці та несли відповідальність за порушення.

Керівництво та відповідальність за організацію та умови охорони праці у сфері рослинництва покладаються на головного агронома, головного механіка (власника).

Особа, відповідальна за стан організації та охорони праці, несе наступні обов'язки:

- Знати і дотримуватися "правил охорони праці на сільськогосподарському виробництві" [75];

- Наказом по підприємству (рішенням Комітету з управління фермерським господарством) за кожним механіком закріплюється машина індивідуально. Якщо Ви тимчасово передаєте машину іншому механіку, видайте відповідний письмовий наказ;

- Уникайте переведення співробітників на інший вид робіт або до іншого верстата без проведення інструктажу з техніки безпеки або, при необхідності, курсового навчання;

- Заборонити використання сільськогосподарської та спеціальної техніки, обладнання, інструментів і транспортних засобів в особистих цілях без дозволу Адміністрації;

- Спеціальні майданчики для тимчасового і постійного зберігання тракторів, сільськогосподарських і спеціальних машин і транспортних засобів, за винятком можливості виїзду техніки без дозволу Адміністрації;;

- Призначення старшого за званням на роботу, де зайнято більше однієї людини;;

- Не допускайте використання машин, механізмів і прикладних програм, модифікованих або виготовлених з метою раціоналізації, без попереднього схвалення офіційного комітету.;

- Особам віком до 17 років від керування тракторами, складними сільськогосподарськими та спеціальними машинами, а також тим, хто не пройшов інструктаж з охорони праці для недопущення тих, у кого немає документів на право керування транспортними засобами; випускникам загальноосвітніх шкіл, які закінчили курси трудового навчання за професією механізатора а отримавши сертифікат на право керування самохідною сільськогосподарською технікою, за умови керівництва досвідченим механізатором ви можете бути допущені до роботи з цими машинами до досягнення 17-річного віку.;

- Як виняток, дозволити технічне обслуговування та дозволити роботу зі стаціонарними машинами та інструментами, з простим захопленням сільського господарства, на яке ви не повинні мати права.;

- Не допускати до роботи працівників у нетверезому стані;

- Усувати працівників, які порушили вимоги нормативних документів з охорони праці, щоб вони могли працювати тільки після проходження позапланового інструктажу;;

- Навчати робітників і службовців методам і прийомам надання першої допомоги при нещасному випадку;

- Виділяти спеціальні місця для прийому їжі і короткочасного відпочинку працівників в польових умовах і на інших ділянках роботи з метою підтримки необхідної гігієни на виробничих майданчиках і в побуті.;

- Не допускайте до роботи з машинами або механізмами, якщо робочий

одяг не відпрасована або кнопки не натиснуті, а волосся не підібрані під головний убір (шапочку);

Охорона праці при експлуатації машинно-тракторного агрегату

Поле для роботи мототракторного агрегату повинно бути підготовлено заздалегідь, в залежності від виду культури. Межа поля з боку яру або обриву повинна бути доповнена контрольної канавкою на відстані не менше 10 м від краю. Місця для відпочинку повинні бути позначені чітко видимими знаками.

Потрібно зібрати каміння і соломку, засипати ями та інші перешкоди. За кілька днів до початку робіт необхідно посмоктати соломинку (при необхідності). Необхідно зробити позначку біля великих каменів, розмитих ділянок та інших перешкод. Смуга повороту відбивається.

Експлуатація машини на непідготовленому полі заборонена. При виявленні вибухових речовин (снарядів, мін, гранат і т.д.) виконайте наступні дії: всі роботи по операції повинні бути негайно припинені, а межі ділянки позначені попереджувальним знаком "обережно". Небезпека вибуху". На місцях слід забезпечити безпеку, а повідомлення слід негайно відправити до Міністерства внутрішніх справ.

Придбання і введення в експлуатацію тракторних агрегатів і стаціонарних машин здійснюється трактористом-машиністом під керівництвом і за участю одного з наступних осіб: бригадира, помічника бригадира, тракториста-машиніста підрозділу. Трактористу-машиністу не дозволяється змінювати конфігурацію агрегату без дозволу спеціаліста.

Агрегування сільськогосподарської техніки і знарядь праці допускається тільки на тракторах і самохідних шасі, рекомендованих виробником. Перед тим як направити трактор до машини (знаряддя), водій трактора повинен подати звуковий сигнал, переконатися, що між трактором і машиною немає людини, а потім почати рух (усвідомлено) до автомобіля, плавно і без ривків, включивши задню передачу на знижену передачу. У той же час водій трактора повинен спостерігати за командою причіпників. Коли трактор рухається назустріч причепу, причіп з

люком не повинен знаходитися на шляху його руху. Підключення (від'єднання) причіпного пристрою допускається тільки в тому випадку, якщо трактор повністю зупинений по команді тракториста.

Під час причеплення машини тракторист повинен перевести важіль перемикачів передач в нейтральне положення і залишити ногу на гальмі.

Гальмівна система агрегатної машини повинна бути підключена до трактора. Причіпна сільськогосподарська техніка, оснащена постійним робочим місцем, повинна мати справну систему двосторонньої сигналізації, підключену до трактора під час роботи.

Крім того, транспортний засіб повинен бути з'єднаний з трактором запобіжним ланцюгом.

Водій (тракторист-машиніст зернозбирального комбайна) перед початком роботи повинен пройти медичний огляд і мати при собі посвідчення, підписане посадовою особою, відповідальною за виконання робіт, і шляховий лист (костюм).

Переміщення агрегату до робочого місця і виконання робіт повинні здійснюватися відповідно до заздалегідь розробленими маршрутами і методиками, затвердженими керівником господарства (підприємства) або відповідним головним фахівцем, з якими повинні бути ознайомлені всі механізатори, які беруть участь у виконанні певних видів робіт. брифінг.

У разі групової роботи машини, високопоставлені службовці призначаються з числа працівників:

- На машинно-тракторний агрегат-старший тракторист ;
- Самохідний комбайн-комбайн;
- На виробничому об'єкті (виробнича ділянка) - механік.

На ділянках і відрізках дороги, через які проходить фіктивна лінія електропередачі (ЛЕП), проїзд і експлуатація машини дозволені, якщо відстань від найвищої точки машини або вантажу на транспортному засобі до проводу менше:

Напруга ЛЕП, кВ	до 1	1–20	35–100	154	220	330	500
Відстань по горизонталі, м	1,5	2	4	5	6	7	9
Відстань по вертикалі, м	1	2	3	4	5	6	7

На дорозі, на перетині з повітряними лініями електропередачі напругою понад 330 кВ, необхідно встановити дорожні знаки, що забороняють зупинку транспортних засобів в охоронній зоні цих ліній.

Щоб не потрапити під удар блискавки, необхідно під час грози зупиняти роботу техніки. Якщо поблизу є закриті приміщення (сарай, склад), то необхідно сховатися в ньому, і при цьому вікна і двері в приміщенні повинні бути закриті.

Також заборонено перебувати поблизу електричної або телефонної лінії, а також поблизу одиночних об'єктів, що піднімаються над землею (дерева, автомобілі, телефонні стовпи, стоги сіна, соломи і т.д.). Якщо немає сховища, потрібно перечекати грозу на землі на відстані не менше 80 м від автомобіля.

РОЗДІЛ V

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Захист населення в зоні радіоактивного зараження [76]

Надзвичайні ситуації можуть виникати внаслідок виробничих травм, катаклізмів, стихійних лих, диверсій або військово-політичних факторів.

Раптова зупинка роботи або порушення виробничого процесу на підприємстві може призвести до серйозного збитку або знищення активів, з трагічними наслідками (руйнування будинків, зруйнованих споруд, загибель людей).

За своєю природою надзвичайні ситуації та виробничі травми можуть бути найрізноманітнішими. До найбільш типових факторів виробничого травматизму, катаклізмів, стихійних лих, диверсій або отримання тілесних ушкоджень внаслідок факторів військового і політичного характеру відносяться:

- Вибухи, що призводять до руйнування будівель, споруд і загибелі людей;
- Інтенсивні пожежі;
- Ураження людей токсичними речовинами і газами;
- Радіоактивне забруднення місцевості.

Радіоактивне забруднення місцевості. Це забруднення території та об'єктів на ній продуктами ядерної реакції. Це відбувається всередині:

- Ядерний вибух – в результаті випадання радіоактивних матеріалів з хмари ядерного вибуху – в результаті внутрішнього опромінення, в основному в результаті впливу зовнішніх гамма-променів, що впливають на людей і тварин, в меншій мірі бета-променів-альфа-активних нуклідів (при попаданні в організм з повітрям, водою і їжею);

- Техногенні аварії – в результаті розсіювання радіоактивних матеріалів (витік з реактора, при транспортуванні і зберіганні радіоактивних відходів, аварійний витік промислових і медичних радіоактивних матеріалів).

У разі ядерного вибуху ядерні осередки утворюються на землі - в районах, де в результаті ядерного удару сталася масова загибель людей, домашньої худоби, пошкодження будинків і споруд.

При ядерному вибуху утворюється велика кількість радіоактивного матеріалу, що осідає на поверхні землі з хмари диму, що забруднює повітря, місцевість, воду, об'єкти на ній, споруди, лісові насадження, посіви зернових культур, незахищених людей і тварин.

Джерелами радіоактивного забруднення є радіоактивні продукти ядерного заряду, частини ядерного палива, які не вступили в ланцюгову реакцію, і штучні радіоактивні ізотопи.

Радіоактивний матеріал, що потрапляє на землю з хмари ядерного вибуху, утворює радіоактивні сліди. Слід радіоактивного пилу, як правило, має форму еліпса. Розміри слідів радіоактивних хмар залежать від характеру вибуху і швидкості вітру і складають сотні або тисячі кілометрів в довжину і десятки кілометрів в ширину.

Забруднення території радіоактивним матеріалом характеризується рівнем радіації та її кількістю до моменту повного руйнування радіоактивного матеріалу. Радіоактивне забруднення територій в межах зони впливу є нерівномірним. Найбільша кількість радіоактивного матеріалу припадає на вісь сліду, від якої ступінь забруднення зменшується у напрямку до бічної межі, від центру вибуху до кінця хмари.

Сліди радіоактивних хмар радіоактивних ізотопів, що впали на землю, розділені на 4 зони забруднення:

Зона А - це помірне забруднення, доза опромінення на зовнішній межі при повному руйнуванні радіоактивного матеріалу становить 40Р, а на внутрішній межі - 400Р.

Зона В сильно забруднена, і доза опромінення на зовнішній межі при повному руйнуванні радіоактивного матеріалу становить 400Р, а на внутрішній - 1200Р.

Зона В являє собою небезпечне забруднення, доза опромінення на зовнішній межі при повному руйнуванні радіоактивного матеріалу становить 4000Р.

Зона Г являє собою дуже небезпечне забруднення, доза опромінення на її зовнішній межі в період повного розпаду радіоактивного матеріалу становить 4000Р, а в самій зоні – 7000Р.

Зони радіаційного забруднення при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах характеризуються і складаються в залежності від щільності забруднення території радіонуклідами:

- Зона періодичного радіаційного контролю (0,5-1 Кі/км²). У цій зоні збір грибів, ягід, сіна і лікарських рослин дозволений без обмежень. М'ясо і риба, здобуті під час полювання і риболовлі, але обов'язково перевіряються на вміст в них радіонуклідів. Обмеження на утримання птиці і тварин не вводяться.;

- Зона підвищеного радіаційного контролю (1-5 Кі/км²). У цій зоні потрібен обов'язковий контроль доз заготовлюваних грибів, ягід, сіна і лікарських рослин. Підсобним господарствам рекомендується проводити регулярний контроль доз кормів, м'ясних і молочних продуктів.;

- Зона гарантованого добровільного переселення (5-15 Кі/км²); у цій зоні заборонено збирання грибів, ягід, сіна та лікарських рослин. Введена спеціальна система ведення сільського господарства та обмеження на обробку землі. Перехід сільського господарства на вирощування технічних культур (льону і т.д.); розвиток тваринництва, інтенсивного конярства і т. д.; випас худоби на пасовищах з висотою трави не менше 10 см;

- Зони відчуження (більше 15 Кі/км²) - це райони, де після аварії проводиться негайна евакуація населення і не ведеться господарська діяльність.

Ефект, викликаний дією іонізуючого випромінювання (радіації), характеризується:

1. Види пошкоджень:

а) соматичні - гостра променева хвороба, хронічна променева хвороба, локальна променева хвороба;

б) соматичні позаматкові - злоякісні новоутворення, порушення внутрішньоутробного розвитку плода, скорочення тривалості життя;

в) генетичні - генетичні мутації, хромосомні аномалії.

2. Час появи симптомів:

а) ранні (або гострі) - ці ураження носять тільки соматичний характер, що призводить до смерті або променевої хвороби. Постачальниками таких частинок в основному є ізотопи з коротким терміном служби-випромінювання, нейтронний потік;

б) пізня стадія: існує 2 форми променевої хвороби.:

- Гострий - виникає в результаті впливу великих кількостей препарату за короткий час; при дозі близько тисячі рад пошкодження організму може бути миттєвим;

- Хронічний - розвивається в результаті тривалого впливу доз, що перевищують гранично припустимі (ГПК); більш віддаленими наслідками радіаційного ураження можуть бути радіаційні катаракти, злоякісні пухлини і т. д.

Профілактичні заходи щодо зниження масштабів радіаційного опромінення на об'єктах бізнесу

Радіаційний захист передбачає виявлення та оцінку радіаційної обстановки, організацію та здійснення дозиметричного контролю, розробку стандартних режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального та колективного захисту, організацію та здійснення дезінфекції.

Заходи щодо запобігання радіаційного опромінення:

1. Завчасне накопичення та технічне обслуговування засобів індивідуального захисту, дозиметрії та хімічного контролю.

2. Термінове впровадження засобів, способів і методів виявлення та оцінки масштабів і наслідків аварій на радіаційно небезпечних об'єктах.

3. Створення засобів захисту і приладів дозиметричного контролю.

4. Підготовка об'єктів побутового обслуговування та транспортних підприємств.

ємств до гігієнічної обробки людей та спеціальної обробки одягу, майна та транспорту.

5. Завчасне створення, адаптація та використання засобів колективного захисту населення від радіаційного та хімічного ураження.

Радіаційна безпека і протирадіаційний захист, пов'язані з різними типами поведінки людини, засновані на використанні принципів:

- Принцип обґрунтованості – практична діяльність, пов'язана з опроміненням людини, може принести більше користі облучаємій особі або суспільству в цілому в порівнянні з заподіяною їм шкодою;

- Принцип недопущення перевищення – рівень опромінення при всіх видах лікування не повинен перевищувати встановлених меж дози;

- Принцип оптимізації – кількість індивідуальних доз або опромінюваних осіб для конкретного джерела іонізуючого випромінювання має бути якомога меншою з урахуванням економічних і соціальних факторів.

В умовах ранніх стадій радіаційної аварії реалізуються екстрені і нештатні захисні заходи з урахуванням рівня радіації, а також прогнозу можливості аварійного викиду радіоактивних речовин і метеорологічних даних.:

1. Укриття населення.
2. Обмеження на перебування населення на відкритих територіях.
3. Евакуація в разі загрози здоров'ю.
4. Йодна профілактика.
5. Тимчасова заборона на споживання продуктів харчування і води із зон радіоактивного забруднення.

На додаток до цих заходів проводяться довгострокові заходи на ранній і пізній стадіях:

1. Тимчасове переселення.
2. Евакуація-переїзд на постійне місце проживання.
3. Обмеження у використанні води і продуктів харчування, забруднених радіоактивними речовинами.
4. Захисні заходи у тваринництві, рослинництві та лісовому господарстві.

5. Дезактивація території і будівель.

6. Інші заходи: гідрологічні, протиповітряні, обмеження на використання лісів, полювання, риболовлю, перебування на відкритому повітрі під час сільськогосподарських робіт.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Енергетична культура – така продукція сільського господарства, що повністю або більшою мірою використовується в якості сировини для виробництва енергії безпосередньо (спалюванням), або після певної переробки. Енергетичні культури не є єдиним джерелом відновлювальної біоенергії, тому питання доцільності використання різних традиційних видів сільськогосподарської продукції та спеціально вирощених культур в якості енергетичних потребує додаткового дослідження.

2. Важливою та цінною особливістю біопалива є його відновлювана природа, яка створює можливості для сільськогосподарського сектору виступати як виробником, так і споживачем енергетичної продукції. Це, а також економічна ефективність та екологічні вигоди є основними факторами, що спонукають виробляти біопаливо. Сприятливі кліматичні умови, родючий ґрунт і наявність виробничих потужностей в Україні дозволяють вирощувати і переробляти набагато більші обсяги сільськогосподарської продукції, ніж зараз. Налагодження виробництва біопалива буде сприяти створенню нових робочих місць та розвитку інфраструктури в сільській місцевості.

3. Для виробництва біогазу використовують переважно відходи рослинного (пожнивні рештки, відходи переробки та ін.) та тваринного (гній, послід, підстилка) походження. Використання для виробництва біогазу спеціально вирощених культур (силос кукурудзи, міскантус гігантський) покращує ефективність виробництва, але може призвести до підвищення собівартості виробництва. Як рослинні відходи, так і спеціально вирощені енергетичні культури для виробництва біогазу потрібно змішувати з відходами тваринництва.

4. Енергетичні культури володіють рядом позитивних характеристик, з яких найважливішими є здатність рости на маргінальних ґрунтах, покращуючи їх якість. З біомаси можна виробляти широкий спектр енергетичної продукції:

готове біопаливо, тверде гранульоване біопаливо (гранули, брикети, пелети), біопаливо другого покоління.

5. Теоретично можливий результат енергетичного використання будь-якого біоресурсу визначається кількісними характеристиками хімічного складу, який формується в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, сортового потенціалу та ресурсно-технологічного забезпечення вирощування

6. З метою уникнення подвійного обліку енергетичних ресурсів при розрахунку еквівалентної вартості енергетичних ресурсів доцільно використовувати показники категорії «Кінцеве споживання» з даних Управління державної статистики України.

7. Вирощування міскантусу приводить до еквівалентної емісії парникових газів, що складає від 2,8 до 3,5 тонни CO₂/га. Збільшення емісії відбувається при збільшенні витрат на добрива. Найбільша емісія парникових газів (42 %) для найменшої врожайності (з мінімальним використанням добрив) пов'язано з роботою сільськогосподарської та транспортної техніки (28 %) разом з викидами від спалювання пального (14 %). Другим за значенням фактором емісії (37 %) є оплата праці працівників на полі (8 %) та оплата за обслуговування обслуговування виробництва (29 %), в тому числі ремонт і підготовка до роботи технічних засобів, менеджмент виробництва, охорона та інше.

8. Емісія, пов'язана з посадковим матеріалом виглядає незначною (10 %), але такою вона є з огляду на використання вітчизняних посадкового матеріалу та розподілу його впливу на весь термін вирощування (в розрахунках прийнято 20 років, хоча деякі дослідники вказують цей термін до 25-30 років).

9. Екологічна ефективність вирощування енергетичних культур обумовлена двома факторами: можливістю заміни викопних видів палива та покращенням родючості ґрунту (депонуванням в ньому вуглецю). Найбільш ефективним з екологічної точки зору є інтенсивні технології вирощування енергетичних культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату: Закон України від 04.02.2004 р. № 1430-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1430-15#Text> (дата звернення: 10.09.2024).
2. Про загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу: Закон України від 18.03.2004 р. № 1629-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1629-15#Text> (дата звернення: 10.09.2024).
3. Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (дата звернення: 03.09.2024).
4. Перспективи вирощування енергетичних культур – Агробізнес сьогодні. Агробізнес сьогодні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/15376-perspektyvy-vyroshchuvannya-enerhetychnykh-kultur.html> (дата звернення: 01.11.2024).
5. Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://saee.gov.ua/node/586/> (дата звернення 15.09.2024).
6. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Аналітична записка БАУ №9 // Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Кучерук П.П., Олійник Є.М. 27 травня 2014 р. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2014/05/position-paper-uabio-9-ua.pdf> - (дата звернення 15.09.2024).
7. Дубініна М.В. Інституціональні особливості розвитку біоенергетики. *Зб. наук. пр. Сер. Економічні науки*. 2012. № 2 (64). С. 31-36.
8. Роїк М.В., Ягольник О.О. Біоенергетика як наука й галузь економіки:

історія, концепція, періодизація (етапи розвитку). *Біоенергетика*. 2014. № 1. С. 7-11.

9. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. URL: <https://www.ipcc.ch/report/renewable-energy-sources-and-climate-change-mitigation/> (дата звернення 13.09.2024).

10. The official website of the International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraine-energy-profile/energy-security> (дата звернення 15.09.2024).

11. Харчук Л.В. Понятійний апарат проблематики формування біоенергетичного потенціалу. *Ефективна економіка*. 2014. № 4. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=2930> (дата звернення 17.12.2020).

12. Блюм Я.Б., Гелетука Г.Г., Григорюк І.П. та ін. Новітні технології біоенергоконверсії. К. : «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.

13. Тормосов Р.Ю. Біоенергетичні проекти: від ідеї до втілення. Практичний посібник. К. : ТОВ «Поліграф плюс». 2015. 208 с.

14. Пришляк Н. Організаційно-економічний механізм виробництва біопалив із агробіомаси: теорія, методологія, практика : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.03. Вінниця, 2021. 468 с.

15. Про альтернативні види палива: Закон України від 14.01.2000 №1391-XIV. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (дата звернення: 28.09.2024).

16. Geletukha H., Zheliezna T. Status and prospects of bioenergy development in Ukraine. *Industrial Heat Engineering*. 2017. 2. Is. 39. P. 60-64.

17. Калетнік Г.М. Розвиток ринку біопалив в Україні. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 11-16.

18. Калетнік Г.М. Розвиток ринку енергетичних культур для виробництва біоетанолу. *Агроінком*. 2008. № 5-6. С. 10-15.

19. Калетнік Г.М., Пришляк В.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України : навч. посіб. 2010. 312 с.

20. Калетнік Г.М. Економіка виробництва біопалива в Україні та забезпечення продовольчої безпеки. *Економіка АПК*. 2010. № 1. С. 30-35.
21. Климчук О.В. Кукурудза в енергетичному виробництві біологічних видів палив. *Корми і кормовиробництво*. 2013. С. 230-236.
22. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 10.10.2024).
23. Бондар В.С. Цукрові буряки, як відновлюване джерело біоенергетики. *Біоенергетика*. 2013. № 1. С. 17-21.
24. Месель-Веселяк В.Я., Ярчук М.М. Організаційно-економічне удосконалення роботи цукробурякового підкомплексу України. *Економіка АПК*. 2013. № 2. С. 3-8.
25. Цвей Я.П. Технологічний вихід біоетанолу з цукрових буряків. *Біоенергетика*. 2014. № 2. С. 20-21.
26. Калетнік Г.М., Пришляк В.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України : навч. посіб. 2010. 312 с.
27. Хомічак Л.М., Григоренко Н.О., Шейко Т.В., Ткаченко С.В., Петренко В.В., Соколенко Н.О. Перспективний напрям переробки сорго цукрового. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2015. № 210-1. С. 231-235.
28. Батог Ю.О., Олійнічук С.Т., Лисак Т.І., Коваль О.О. Лігніно-целюзна біомаса як сировина для виробництва біоетанолу другого покоління. *Продовольчі ресурси*. 2014 (2). С. 23-27.
29. Роїк М.В., Сінченко В.М., Іващенко О.О. та ін. Міскантус в Україні. К. : ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019. 256 с.
30. Роїк М.В., Гонтаренко С.М., Лашук С.О. Сучасний стан розвитку селекції та реєстрації представників роду *Miscanthus* в Україні та світі. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 249-254. Реєстр сортів рослин України.
31. Олійнічук С.Т., Сосницький В.В. Прогресивні технології біопалива з рослинної сировини. *Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / НААН; Ін-т прод.*

ресурсів НААН. К. : ННЦ «ІАЕ», 2014. С. 8-14.

32. Воробей В., Мелех Я., Гудз Н. Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України : аналітичне дослідження. Львів, 2018. 59 с. URL:https://www.ppv.net.ua/uploads/work_attachments/Studies_of_Forest-based_and_Energy_Crops_Biomass-for-Energy_Use_in_Northern_Oblasts_of_Ukraine_PPV_2018_UA.pdf (дата звернення: 26.04.2021).

33. Чайка Т.О., Яснолоб І.О. Еколого-соціо-економічні переваги вирощування енергетичних культур. *Економіка АПК*. 2017. № 12. С. 28-34.

34. Гументик М.Я. Перспективи вирощування багаторічних злакових культур для виробництва біопалива. *Цукрові буряки*. 2010. № 4. С. 21-22.

35. Марченко В. Енергетичні культури в Україні. *Agroexpert*. 2012. № 9. С. 114-117.

36. Ганженко О.М. Особливості вирощування та використання енергетичних культур. Презентація. URL: <https://sae.gov.ua/uk/news/1751> (дата звернення: 24.10.2024).

37. Directive 2009/28/EU of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance). URL: <https://eur-lex.europa.eu> (дата звернення 28.09.2024).

38. Хіврич О.Б., Квака В.М., Каськів В.В., Мамайсур В.В., Макаренко А.С. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива. *Агробіологія*. 2011. Вип. 6. С. 153-157.

39. Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я., Ганженко О. М. Роль і місце фітоенергетики в паливно-енергетичному комплексі України. *Цукрові буряки*. 2011. №1. С. 6–7

40. Пришляк Н.В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. *Агросвіт*. 2021. № 1-2. С. 33-45.

41. Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і перероблення міскантусу гігантського. К. : ТОВ «ЦП «Компринт», 2016. 40 с.

42. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під загальною редакцією доктора сільськогосподарських наук В.М. Сінченка. Вінниця : ТОВ «Ніланд ЛТД», 2015. 340 с.

43. Дековець В.О., Кулик М.І. Екологічні особливості та агрозаходи вирощування біомаси міскантусу гігантського для забезпечення енергоефективності сільських територій. Енергоефективність і енергонезалежність сільських територій: передумови формування та функціонування : колективна монографія; за ред. Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб, О.О. Горба. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2020. С. 102-114.

44. Курило В.Л., Рахметов Д.Б., Кулик М.І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 1 (88). 2018. С. 11-17.

45. Осадчук В.Д., Гунчак Т.І., Сандуляк Т.М. Особливості вирощування світчграсу як енергетичної культури в умовах Буковини. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. № 61. С. 102-112.

46. ДСТУ ISO 14040:2013. Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=70997 (дата звернення: 2.09.2023). (дата звернення: 12.10.2024)

47. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Ю., Бердніков О. М., Глущенко Л. Д., Личук Г. І. та ін. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення). Київ : Аграрна наука, 2005. 200 с.

48. Гришко В. В., Перебийніс В. І., Рабштина В. М. Енергозбереження в сільському господарстві (економіка, організація, управління). Полтава : Вид-во «Полтава», 1996. 280 с.

49. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.

50. Викиди CO_x https://www.carbonfootprint.com/international_electricity_factors.html URL: (дата звернення 10.11.24)

51. The International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/life-cycle-upstream-emission-factors-pilot-edition> (дата звернення: 09.11.2024).

52. Моніторинг, звітність та верифікація викидів парникових газів (МЗВ) з установок. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/monitoryng-zvitnist-ta-veryfikatsiya-vykydiv-parnykovykh-gaziv-mzv/> (дата звернення: 09.11.2024).

53. Коефіцієнти викидів парникових газів та значення нижчих теплотворних здатностей (НТЗ) палив на одиницю маси. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/monitoryng-zvitnist-ta-veryfikatsiya-vykydiv-parnykovykh-gaziv-mzv/koefitsiyenty-vykydiv-parnykovykh-gaziv-ta-znachennya-nyzhchyyh-teplotvornykh-zdatnostej-ntz-palyv-na-odynytsyumuasy/> (дата звернення: 09.11.2024).

54. Методичні рекомендації з оцінки викидів парникових газів за видами діяльності установок. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України – офіційний сайт. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/671_Metodychni.pdf (дата звернення: 07.12.2024).

55. Головне управління статистики у Тернопільській області. URL: <https://www.te.ukrstat.gov.ua/files/respondent/2tp.pdf> (дата звернення: 07.11.2024).

56. Про затвердження методики розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря автотранспортом, який використовується суб'єктами господарської діяльності та іншими юридичними особами всіх форм власності <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0293202-00#Text> (дата звернення: 07.11.2024).

57. Про затвердження Методики розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від транспортних засобів <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0452202-08#Text> (дата звернення: 12.11.2024).

58. Загальними методичними рекомендацій щодо змісту та порядку складання звітів з оцінки впливу на довкілля, рекомендованих Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України <https://mepr.gov.ua/documents/pro-zatverdzhennya-zagalnyh-metodychnyh-rekomendatsij-shhodo-zmistu-ta-poryadku-skladannya-zvitiv-z-otsinky-vplyvu-na-dovkillya/> (дата звернення: 12.11.2024).

59. Державна служба статистики України. Офіційний сайт URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 18.11.2024)

60. Гелетуша Г. Г., Желєзна Т. А., Трибой О. В. Перспективи вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка БАУ № 10. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paperuabio-10-ua.pdf> (дата звернення: 12.11.2024)

61. Хіврич О. Б. та ін. Енергетичні рослини як альтернатива традиційним видам палива / Хіврич О. Б., Квака В. М., Каськів В. В., Мамайсур В. В., Макаренко А. С. Агробіологія. 2011. Вип. 6. С. 153–157. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agr_2011_6_39 (дата звернення: 17.10.2024)

62. Сокольникова К. А у нас замість вугілля, газу і дров – енергетичні культури // AgroPortal, 19 жовтня 2016 р. URL: <https://agroportal.ua/ua/publishing/analitika/a-u-nas-vmesto-uglya-gaza-i-drov-energeticheskie-kultury/> (дата звернення: 13.11.2024)

63. Аналітичний звіт та рекомендації щодо вирощування енергетичних культур в Україні / Проект «Розвиток та комерціалізація біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні». 22 лютого 2016. URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/58/b4/58b45b61-d09d-43bf-bcb7-47e0235d39e0/otchet_po_verbe.pdf (дата звернення: 12.11.2024)

64. Шевчук Р. Біоенергетичні культури для Полісся //Аграрний Тиждень. Україна. URL: <https://a7d.com.ua/plants/13853-boenergetichn-kulturi-dlya-polssya.html> (дата звернення: 02.11.2024)

65. Воробей В., Мелех Я., Гудз Н. Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України (Волинська, Рівненська, Житомирська,

Київська та Чернігівська області) : аналітичне дослідження / Агенція економічного розвитку PPV Knowledge Networks. Львів, 2018. 59 с.

66. Костенко Д. М. Обґрунтування основних техніко-економічних характеристик енергетичних плантацій і виробництва твердого палива з біомаси енергетичних культур. // БізнесІнформ. № 11, 2020. – С.123-132

67. Чи можливий бізнес на енергетичних рослинах для малих фермерів?. *Українська Енергетика*. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/chy-mozhlyvyi-biznes-na-enerhetychnykh-roslynakh-dlia-malykh-fermeriv> (дата звернення: 08.11.2024).

68. Головний сайт для агрономів. Технологія вирощування міскантусу: головне – зробити все правильно в перший рік. *Superagronom.com*. URL: <https://superagronom.com/articles/731-viroschuvannya-miskantusu-posaditi-1-raz-schob-zbirati-protyagom-20-rokiv> (дата звернення: 08.11.2024).

69. Головний сайт для агрономів. Технологія вирощування міскантусу: головне – зробити все правильно в перший рік. *Superagronom.com*. URL: <https://superagronom.com/articles/731-viroschuvannya-miskantusu-posaditi-1-raz-schob-zbirati-protyagom-20-rokiv> (дата звернення: 08.11.2024).

70. Ціни на мінеральні добрива станом на 21 лютого 2020 року | Департамент агропромислового розвитку Волинської облдержадміністрації. *Департамент агропромислового розвитку Волинської облдержадміністрації*. URL: <https://agrovolyn.gov.ua/article/ciny-na-mineralni-dobryva-stanom-na-21-lyutogo-2020-roku> (дата звернення: 08.11.2024).

71. ДСТУ EN 15234-4:2013 Тверде біопаливо. Забезпечення якості. Частина 4. Тріски деревні для непромислового використання (EN 15234-4:2012, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62138

72. Вирощування міскантусу: стратегія на швидке повернення інвестицій – Агробізнес сьогодні. Агробізнес сьогодні. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/15918-vyroshchuvannya-miskantusu-stratehiia-na-shvydke-povernennia-investytsii.html> (дата звернення: 08.11.2024).

73. Слонова трава *Miscanthus Giganteus* посадковий матеріал. Prom.ua. URL: https://prom.ua/ua/p1556394861-slonovya-trava-miscanthus.html?utm_source=google_product&utm_medium=cpc&utm_content=pla&utm_campaign=KT_cpc_1_5297199152&utm_gad_source=1&utm_gclid=Cj0KCQiApNW6BhD5ARIsACmEbkWyhFZYk3pPCwEXveXSAyHac_n0N_iqMxW5SIw9CwkVDq8nMN9U70gaAuDJEALw_wcB (дата звернення: 08.11.2024).

74. Охорона праці в галузях сільського господарства: Навчально-методичний комплекс. Навчальний посібник для підготовки спеціалістів ступеня «магістр» для всіх напрямків підготовки /М.М.Сагун, І.В.Москалюк, О.О.Атрашкова; А.М. Яковенко; за редакцією Сагуна М.М. – Одеса: Видавництво «ВМВ», 2019. – 458 с.

75. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#n12> (дата звернення: 09.11.2024).

76. Охорона праці в галузі та цивільний захист : навчальний посібник для студ. закладів вищої освіти аграрної галузі / [В. М. Курепін, К. М. Горбунова, В. М. Курепін та ін.]. - Миколаїв : МНАУ, 2020. - 236 с.