

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Тернопільський національний економічний університет**  
**Факультет аграрної економіки і менеджменту**  
Кафедра менеджменту біоресурсів і природокористування

**ДРУЧОК Віктор Богданович**

**Теоретичні та практичні засади процесу вирощування  
рослин для енергетичної біомаси / Theoretical and  
practical bases of the process of growing plants for  
biomass energy**

Спеціальність – 8.18010017 “Економіка довкілля і природних ресурсів”  
Магістерська програма – Економіка довкілля і природних ресурсів

Магістерська робота

Виконав студент групи  
ЕДПРМ-21  
В.Б. Дручок

---

Науковий керівник:  
д.т.н., професор  
Ю.В. Дзядикевич

---

Магістерську роботу допущено

до захисту:

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Р.Б. Гевко

**ТЕРНОПІЛЬ – 2017**

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ	5
1.1. Аналіз основних наукових праць з питань біоенергетики	5
1.2. Законодавство та нормативно-правова база щодо розвитку біоенергетики	9
1.3. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні	16
Висновки до I розділу	21
РОЗДІЛ II. ПІДБІР ЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ «СХІДНОГО ОПІЛЛЯ»	22
2.1. Розташування об'єкту досліджень та історія території	22
2.2. Аналіз природної характеристики району дослідження, з огляду на ефективність вирощування енергетичних рослин	31
2.3 Особливості плантаційного вирощування енергетичних рослин	41
Висновки до II розділу	57
РОЗДІЛ III. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	59
3.1. Використання біоенергетичних технологій	59
3.2. Економічне обґрунтування вирощування рослин для енергетичної біомаси	70
3.3 Охорона праці та техніка безпеки	83
Висновки до III розділу	88
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

## ВСТУП

Біоенергетика – це використання енергії біомаси (органіки, яка утворюється за рахунок фотосинтезу). "Зелене паливо" – так інколи називають паливо рослинного походження, сировиною для отримання якого є біомаса. Проте чим більше говорять про біоенергетику, тим частіше поняття "біопаливо" розуміють як рідке біопаливо (біодизель, біоетанол і метанол) та забувають про тверді і газоподібні - біогаз, синтез-газ, піролізні рідини, відходи сільськогосподарської та побутової продукції, залишки переробки деревини. Саме енергетичні рослини, які вирощуються для отримання енергії чи палива, у найближчому майбутньому створять конкуренцію газу та дизелю. До них належать харчові рослини (пшениця і цукрова тростина) і нехарчові (енергетична верба, тополя та багаторічні трави, ріпак, соя, соняшник, кукурудза, льон тощо).

Біомасу як джерело енергії можна використовувати у процесі безпосереднього спалювання деревини, соломи, сапропелю (органічних донних відкладів), а також у переробленому вигляді як рідке (ефіри ріпакової олії, спирти) або газоподібне (біогаз) паливо. Конверсія біомаси у енергоносії може відбуватися фізичними, хімічними та біологічними методами; останні є найбільш перспективними.

Можна стверджувати, що біоенергетика - це вибір, який має глобальну перспективу для подальшого успішного розвитку цивілізації. Подолання сучасних і запобігання ймовірним екологічним кризам не можливі без застосування новітніх екобіотехнологій для очищення стічних вод, біосорбції важких металів зі стоків, знешкодження небезпечних газових викидів, збагачення повітря киснем, використання перспективних засобів знешкодження твердих і рідких промислових відходів, біодеградації пестицидів та інсектицидів, підвищення ефективності методів біологічного відновлення забруднених ґрунтів, заміни низки агрохімікатів на біотехнологічні препарати тощо. Важливими напрямками

також мають стати розробка екобіотехнологій, спрямованих на виробництво біогазу та водню з органічних відходів, мікробіологічна деструкція ксенобіотиків, застосування біоіндикації та біотестування в системі екологічного моніторингу.

**Актуальність вибраної теми** магістерської роботи, присвячена проблемі обґрунтування підбору асортименту видів рослин, біомасу яких найбільш ефективно можна вирощувати та використовувати для енергетичних потреб в умовах регіону Східного Опілля.

**Об'єктом дослідження** є Східне Опілля (Подільське горбогір'я).

**Предметом дослідження** є підбір енергетичних рослин, які можна використовувати для енергетичних потреб суспільства.

**Практична значущість** отриманих результатів полягає в тому, що виробництво енергетичних продуктів з відновлювальних джерел енергії дозволяє зменшити використання традиційних видів енергії.

Дана магістерська робота складається із вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел.

В першому розділі – «Теоретичні аспекти розвитку біоенергетики» висвітлюється постановка проблеми та аналіз основних публікацій з питань біоенергетики, розглядається законодавство та нормативно-правова база щодо розвитку біоенергетики.

В другому розділі – «Підбір енергетичних рослин для вирощування в умовах «Східного Опілля»» подається загальна характеристика району розташування об'єкту, проводиться аналіз природної характеристики району дослідження, яка впливає на ефективність вирощування енергетичних рослин, а також розглядаються особливості плантаційного вирощування енергетичних рослин.

В третьому розділі – «Ефективність використання біоенергетичних технологій» пропонується застосування сучасних біоенергетичних технологій, подається економічне обґрунтування розвитку енергетичних ресурсів біомаси.

## **РОЗДІЛ I**

### **ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ**

Беручи до уваги аграрну направленість української економіки одним із найбільш перспективних напрямків розвитку нашої країни постає нова галузь – біоенергетика. На сьогоднішній день головними пріоритетами даної галузі є знаходження дешевих видів біосировини, розробка нових технічних рішень, а також формування необхідної інфраструктури з метою продукування біоенергетичних культур і переробки біомаси використовуючи різного роду хімічні та біологічні процеси, термоконверсію, біоконверсію у біопаливо: рідке (біоетанол, біобутанол), газоподібне (метан) і тверде (гранули, брикети). Для цієї мети в Україні є всі потрібні передумови, в першу чергу ґрунтово-кліматичні, які можуть забезпечити високу врожайність вирощування необхідних енергетичних культур на біомасу. Використання адаптивних технологій, продукування біоенергетичних культур, вдосконалення існуючих технологічних процесів, переробка біомаси й використання біологічного палива забезпечить зростання частки біоенергетики у загальній структурі енергетики України.

#### **1.1. Аналіз основних наукових праць з питань біоенергетики**

Найбільш актуальними завданнями, які стоять перед нашою країною, є зменшення використання дорогих імпортованих енергоресурсів – природний газ і нафта, а також пошук власних відновлювальних альтернативних джерел енергії та розвитку енергоощадних технологій, які дозволять вирішити окрім екологічних і низку екологічних проблем.

Відповідно до останніх досліджень розвідані поклади нафти будуть вичерпані приблизно на 60 – 65 % вже через п'ять – десять років, що приведе до скорочення її видобутку на 30 – 40 %. Крім цього, згідно

розрахунків вчених, розвіданих світових покладів, при сьгоднішніх темпах споживання, природного газу хватить тільки на 50 – 60 років, нафти – 25 – 30, вугілля – 500 – 600. У зв'язку з чим все більш гостро постає необхідність у використанні нетрадиційних джерел енергії, створених на базі біоенергетичної сировини.

Нарощування виробничих потужностей призводить до зростання забрудненості навколишнього природного середовища (грунту, води, повітря). Надзвичайно шкідливим і небезпечним для усіх живих організмів є забрудненість навколишнього середовища токсинами, важкими металами, а також CO<sub>2</sub>.

На протязі останніх десятиліть як у світі загалом, так і зокрема в Україні все усе більше уваги приділяють різним типам біопалива, що виготовляється із високопродуктивних енергетичних культур. Така увага пояснюється постійним зростанням вартості енергоносіїв.

Україна, на нашу думку, перебуває на порозі біоенергетичної революції, що в змозі внести докорінні зміни у селі та країні загалом. Для цього необхідно лише об'єднати зусилля політиків, вчених та аграріїв, які усе більше уваги надають питанням біоенергетики. Усе більше інформації із даних питань появляється у Інтернеті, науковій літературі, засобах масової інформації тощо.

Так, зокрема у підручнику Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії за редакцією В. Лютко висвітлюються концептуальні шляхи використання альтернативних видів палива й інших нетрадиційних джерел енергії, відмічено, що останні десятиліття характеризуються інтенсивними дослідженнями проблем застосування нетрадиційних джерел енергії – альтернативних видів палива, сонця, вітру, морських припливів і відпливів, гідротермальних, біогазу та низки інших, що дозволяють зменшити навантаження на «велику енергетику», а також знижують техногенне навантаження на природу. Використання високоефективних новітніх видів палива для енергообладнання, двигунів

внутрішнього згорання, у першу чергу дизельних, викликано підвищенням вимог у сфері викидів токсичних газів плюс виснаженням запасів традиційних викопних енергоресурсів.

У збірці Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку містяться матеріали науково-практичної конференції, яка була проведена за ініціативи Управління регіонального розвитку та євроінтеграції Вінницької обласної державної адміністрації на базі Вінницького державного аграрного університету. Розглянуті практичні аспекти реалізації стратегії розвитку альтернативних видів палива, проаналізовані основні напрями досліджень в Україні та за кордоном щодо розробки та впровадження новітніх технологій отримання нетрадиційних видів палива, приведена технічна характеристика існуючого обладнання для отримання останніх.

Калетнік Г.М. у своїй монографії Розвиток ринку біопалив в Україні систематизував науково-методичні й організаційно-економічні основи формування ринку біопалив, створення та розвитку ринку енергетичних культур, які використовують як сировину при виробництві біопалива, техніко-технологічні характеристики виробництва біопалива із сировини рослинного походження, а також економічну оцінку їх застосування агропромисловим комплексом. Проведено узагальнення світових тенденцій розвитку ринку біопалива із сировини рослинного походження, зроблено економічне обґрунтування перспектив подальшого розвитку Українського ринку біопалива. Монографія містить наступні розділи:

- Теоретико-методологічні основи формування ринку біопалив та соціально-економічне значення його розвитку;
- Розвиток ринку енергетичних культур, що використовуються як біосировина для виробництва біопалива;
- Техніко-технологічні особливості виробництва біопалив з біосировини рослинного походження та його конкурентоспроможність;
- Розвиток світового ринку біопалив;

- Перспективи розвитку ринку біопалив в Україні.

У своєму навчальному посібнику Калетнік Г.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України висвітлив науково-методичні, організаційно-економічні засади виробництва та використання біопалива та інших видів нетрадиційних джерел енергії. Провів узагальнення світових тенденцій розвитку біопалива із рослинної сировини, разом з тим врахував потенціал рослинної сировини, що є наявний в українських агровиробників, екологічність використання даного типу палива, його економічність і конкурентоздатність на світовому паливному ринку.

Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Розвиток виробництва та споживання біологічних палив в Україні», яка відбулася 24 квітня 2007 року в Києві, містить актуальні здобутки українських і зарубіжних вчених і практиків.

Великий внесок у інформування фахівців біоенергетики роблять фахові журнали: "АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ", "ПРОПОЗИЦІЯ", "НОВИНИ ЕНЕРГЕТИКИ".

Виробляти альтернативні види енергії в Україні стає вигідно. Держава ввело в дію спеціальний "зелений тариф", за яким купують "зелену" електроенергію і хоча Закон України "Про електроенергетику" існує і працює, до цих пір не прийняті деякі ключові підзаконні акти. Це ускладнює ситуацію, однак тенденція до вигідності виробництва альтернативної енергії намітилася досить ясно.



## **1.2. Законодавство та нормативно-правова база щодо розвитку біоенергетики**

У світі виготовлення та використання біопалива відзначається значним рівнем росту, на що впливає не лише розвиток промисловості, а також кількість держав, що почали активно займатися даною галуззю. Інвестиційна привабливість виготовлення біопалива стимулюється за рахунок наступних факторів: державні програми, розвиток технологій виробництва біопалива, а також ріст ціни нафтопродуктів. Наслідком чого є виникнення для сільськогосподарських виробників нових ринків збуту їх продукції, разом з тим відбувається часткове зменшення залежності від імпортованого палива та відповідно ціни на нього, знижується негативний вплив на екологічну ситуацію.

Питаннями у галузі біоенергетики у контексті нормативно-правового, екологічного, соціального й економічного аспекту займається низка українських і зарубіжних дослідників, зокрема: Ф. Ізермеєр, Г. Гелетуха, Г. Калетнік, М. Калінчик, Ю. Цедіс, О. Шпичак та інші. Разом з тим, на сьогоднішній день питання подальшого розвитку альтернативної енергетики у тому числі і біоенергетики залишається відкритим, це пов'язано перш за все із недосконалим нормативно-правовим механізмом, соціальною й економічною нестабільністю, що у деякій мірі обмежує сприйняття даного ресурсу як гарантованого поставщика енергоресурсів до споживача.

Підґрунтям для розвитку і поширення біологічного палива є законодавча база у даній галузі. Світова практика вказує на різні шляхи стимулювання одержання енергії із відновлюваних джерел, у тому числі й біоенергетики. Піонерами з виробництва біопалива є США, Бразилія і держави-учасниці Європейського Союзу.

Американським урядом у 2005 р. був прийнятий Акт енергетичної політики, що має на меті стимулювання розвитку ринку біопалива [10]. До

даного Акту входять: Стандарт відновлюваних джерел енергії, згідно якого ставиться завдання із виробництва етанолу на рівні 28 млрд. л до 2020 р.; гарантуються кредити; зменшуються податкові ставки на біопаливо й ефективно стимулюється їх виробництво, науково-дослідні та проектно-конструкторські розробки у сфері біоенергетики; демонструються проекти біопереробних підприємств; стимулюється використання і поширення етанолу E 85 [10].

Відповідно до Закону «Про фермерство», затвердженим Американським Конгресом у 2008 р., передбачено зниження величини податкового кредиту на виготовлення етанолу із кукурудзи з 0,51 до 0,45 \$ за 1 галлон та запровадження податкового кредиту на етанол отриманий із целюлози в розмірі 0,1 \$ за 1 галлон [7].

Необхідно відзначити, що Американським урядом у нормативній документації більша перевага надається виробництву біоетанолу, в порівнянні із біодизельним пальним [11].

У Бразилії поштовх початку розвитку біопаливної промисловості було прийняття у 1975 році програми «Proalcool». Програмою було передбачено зменшення залежності Бразилії від нафти [7]. Запровадження податкових пільг плюс обов'язкове змішування, а також застосування інших стимулів, посприяли залученню капіталу у виробництво біоетанолу. Вирощування цукрової тростини було про стимульоване наданням субсидій, наслідком чого було будівництво нових підприємств із виробництва біоетанолу, стимулюванню внутрішнього споживчого ринку та формування логістичної інфраструктури із постачання біоетанолу [10]. У 2003 році урядом Бразилії була розпочата підтримка виробництва двигунів, що здатні працювати при будь-яких співвідношеннях етанолу та бензину [8, 7, 10].

Із середини 90-х років минулого століття, бразильським урядом було відмінено пряме субсидування та регулювання цін на ринку етанолу. Це було зроблено з метою зменшення державного регулювання галузі,

залишивши два головних важілі впливу: обов'язковість домішування етанолу (близько 25%) до мінерального палива, податкову пільгу на етанол і на купівлю двигунів обладнаних гнучкими паливними системами. На сьогоднішній день понад 80 відсотків нових бразильських авто володіють гнучкими паливними системами [9]. В останні роки, Бразилія розпочала розвиток виробництва біодизелю. Національний план із агроенергетики (National Agri-Energy Plan) затверджений бразильським урядом поставлена задача досягнення виробництва 2 % біодизелю до 2018 р., 5% – 2020 р. [10]. Ціллю даної програми є не лише сприяння розвитку виробництва біоетанолу та біодизелю, а також ефективне використання сільськогосподарських та лісових залишків, вирощування швидкоростучих порід лісових рослин для енергетичних потреб. У 2004 році Президентом був підписаний Указ, який мотивував виробників біодизелю закупляти сировину для виробництва у домашніх господарств; у 2005 р. – прийнято законодавчий акт, що разом із іншими державними методами стимуляції передбачав звільнення біодизельного пального від податків [10].

Політика у сфері біопалива в ЄС базується на двох Директивах 2003/30/ЄС та 2003/96/ЄС прийнятих 8 травня 2003 року. Дані директиви передбачають нарощування частки біопалива у загальному використанні із 2 % у 2005 р. до 5,75% у 2010 р. вмісту біопалива у традиційних видах палива [6]. Але, необхідно зазначити, що на сьогоднішній день ЄС не виконала своїх зобов'язань.

Директива Європейського союзу 98/70/ЄС з поправками у Директиві 2003/17/ЄС відноситься в першу чергу до дотримання екологічних норм при виробництві біопалива. Нею передбачається обмеження у розмірі 5 % на додавання біоетанолу до мінеральних палив, спираючись на екологічні міркування. Комісією ЄС запропоновано внесення поправок, які містять підвищення вмісту долі біоетанолу до 10 %. У Зеленій книзі Європейської комісії, що носить називу «Назустріч Європейській стратегії з надійного енергозбереження» опублікованій у 2001 році, визначено проблему

високого показника енергетичної залежності Європейського Союзу. У травні 2007 року в Брюсселі згідно рішення круглого столу держав-учасниць ЄС було ухвалено, що доля відновлюваної енергії до 2020 року повинна бути 20 % від загальної величини використання енергетичних ресурсів, причому 10% належить біопаливу. Аналіз головних принципів Директиви ЄС 2009/28/ЄС відносно стимулювання застосування відновлюваної енергетики, що була ухвалена у 2009 році показує, що політика Європейського Союзу стосовно поширення використання біопалив містить такі основні фактори: безпечні поставки сировини як у середині Союзу, так і до держав «третього світу»; зниження кількості викидів в атмосферу, що вимірюється за методикою, яка бере до уваги врахування змін у використанні земельних ресурсів; розвиток сільських територій; соціальну стабільність [12].

На наш погляд, дана Директива ЄС дозволяє забезпечити довготермінову стратегію розвитку відновлюваної енергетики, а для виробництва біопалива сприяє прогнозованості дій держав-членів ЄС, що має значний вплив у процесі прийняття рішень про подальше інвестування в даній сфері. Біопаливна промисловість нашої держави перебуває на стадії зародження. У 2000 році був ухвалений Закон «Про альтернативні види рідкого та газового палива» №1391-XIV. Даним Законом визначаються правові, економічні, екологічні, соціальні й організаційні засади виробництва та використання альтернативних видів палива на базі застосування нетрадиційних джерел і типів енергетичної сировини, направлений на формування необхідних передумов для розвитку виробництва та використання даних видів палива. Однак, необхідно відзначити, що він має більш декларативний характер.

З метою забезпечення стабільності розвитку виробництва та застосування біоетанолу в середині країни, а також з метою економічної стимуляції нафтопереробних заводів щодо виготовлення сумішевих нафтопродуктів був ухвалений Закон України «Про внесення змін до

деяких законів України щодо стимулювання виробництва бензинів моторних сумішевих» [2]. Даним законом передбачається встановлення зменшеної ставки акцизних зборів – 30 євро за 1 т сумішевого бензину, за умови, що доля біоетанолу у ньому буде понад 2 %. Для реалізації даного Закону Міністерством палива і енергетики було визначено нафтопереробні заводи, які мають можливість виготовляти змішаний бензин з біоетанолом та заводи, які виготовляють даний біоетанол. Хоча протягом останнього часу об'єми виробництва біоетанолу майже не змінилися, однак зріс інтерес як з сторони держави, так і зі сторони виробників. Відповідно до Закону України «Про ставки акцизного збору і ввізного мита на деякі товари (продукцію)» із змінами та доповненнями, внесеними відповідно до Закону «Про внесення змін до законів України» та «Про ставки акцизного збору і ввізного мита на деякі товари (продукцію)» від 1 липня 2009 р. акциз за 1000 кг бензинової суміші яка містить не менше 5 % етил-трет-бутилового ефіру чи високооктанової кисневмісної домішки, або їх суміші становить 110 євро. Акциз на виробництво кисневмісних високооктанових добавок до бензинів рівна 0 євро, при цьому їх виготовлення із подальшим обов'язковим змішуванням з бензином є можливим на державних спиртозаводах, визначення яких є прерогативою Кабінету Міністрів України.

В травні 2009 року було ухвалено Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву і використанню біологічних видів палива». Метою даного закону є стимуляція виробництва і застосування біологічного палива, формування українського паливного ринку за рахунок використання біомаси, як одного з видів відновлюваних джерел енергетичної сировини для виробництва біопалива. Відповідно до даного закону передбачаються наступні основні правила: перелік заводів, на яких проводиться виробництво моторних сумішевих бензинів з додаванням біоетанолу, ЕТБЕ та домішок на базі біоетанолу, встановлюється Кабінетом Міністрів України; виробництво

біоетанолу може проводитися на підприємствах усіх форм власності у випадку наявності необхідної ліцензії; надання виробникам біоетанолу податкових векселів на суму рівну акцизному збору; до 1 січня 2017 року встановлена нульова ставка акцизних зборів на долю палива, яка є біокомпонентом у моторних сумішевих видах палива; тимчасово, до 1 січня 2017 року звільнено від оподаткування доставку обладнання, техніки, устаткування; з 1 січня 2010 року було звільнено від оподаткування дохід підприємств, одержаний від одночасного одержання теплової й електричної енергії та/або одержання теплової енергії використовуючи біологічні види палива; прибуток виробників обладнання, техніки, устаткування, отриманий від продажі на території України; грошові засоби, отримані у зв'язку із одержанням податкових пільг, направляються платником податку на зменшення ціни продукції; у період до 1 січня 2019 року для стимулювання інвестиційної діяльності, метою якої є оновлення основних фондів, дозволяється використання бонусного виду амортизації нових основних виробничих фондів, яка заключається у віднесенні долі витрат, що йдуть на їх купівлю (спорудження) до валових витрат, які залишаються після використання бонусної амортизації; до 2020 року нарощування долі використання альтернативних типів палива до 20 відсотків від загального об'єму споживаного палива в Україні; біопаливо, призначене для подальшої реалізації у вигляді товарної продукції, підлягає обов'язковій сертифікації згідно чинного законодавства; ведення державної реєстрації виробників біогазів і рідких біопалив тощо [4]. Ухвалений закон є важливим фундаментом для створення і використання біоенергетичного потенціалу нашої держави, так як ним передбачені значні пільги для тих хто буде виробляти як біологічне пальне, так і обладнання, техніку, устаткування, машин, наслідком чого буде підвищення зацікавленості інвесторів вкладати свої кошти у біоенергетичну галузь.

У теперішній час учені-дослідники з Інституту технічної теплофізики при Національній академії наук говорять, що потенціал біомаси становить приблизно 24,2 млн. т у. п., або 16,9 млн. т н. е. в рік [1]. Найбільшою питомою вагою у загальному об'ємі біомаси володіють: солома зернових – 5,6 млн. т у. п. / рік, енергетичні культури – 5,1 та рідке біопаливо – 2,2.

В ухваленій у 2006 році Енергетичній стратегії України до 2030 р. досяжним річним енергетичним потенціалом нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) нашої держави, у приведенні до умовного палива, є 79 млн. т у. п., зокрема економічно ефективним – 57,7 млн. т у. п. [1].

Важливий поштовх до застосування біомаси при виробництві електричної та теплової енергії в Україні є ухвалені наступні нормативні документи: Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу», Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії» [5, 3]. Так перший закон передбачає обов'язковість для оптового ринку електричної енергії купляти відповідно до «зеленого» тарифу електроенергію, у виробників електроенергетики, які використовують у своїй діяльності альтернативні джерела енергії (окрім доменних і коксівних газів, а із застосуванням гідроенергії – отриманої тільки на малих гідроелектростанціях), та не проданої по договірній ціні безпосередньо споживачам чи енергопостачальникам, які ведуть свою господарську діяльність із поставки електроенергії по регульованих тарифах.

Нова редакція закону України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії» є більш ширшою та має роз'яснення щодо сутності застосування «зелених» тарифів. Порядку стимулювання енерговиробництва використовуючи альтернативні джерела енергії та

використовується при умові, що починаючи з 2012 року питома вага матеріалів, сировини, основних фондів, робіт і послуг національного походження у загальній вартості створення відповідного об'єкта з виробництва електричної енергії, що виробляє електроенергію використовуючи альтернативні джерела енергії, становить понад 30 %, а з 2014 року – 50 %. Ще однією умовою використання відміченого порядку стимулювання отримання електричної енергії із енергії сонця є застосування, починаючи з 2011 р., об'єктами електроенергетики сонячних перетворювачів, питома вага сировини та матеріалів українського походження у вартості виробництва котрих становить понад 30%.

Даними законами передбачається, що постачальники електричної енергії, які займаються передачею електроенергії із використанням власних електромереж, не можуть відмовити в доступі до даних мереж підприємствам, що отримують енергію використовуючи альтернативні джерела енергії.

Отже, у майбутньому можна очікувати на активізацію інвестиційної діяльності, зокрема, у сфері будівництва вітроелектростанцій, отримання електричної енергії із біомаси тощо.

### **1.3. Сучасний стан і перспективи подальшого розвитку біоенергетики в Україні**

Енергетична безпека України суттєво залежить від ступеня диверсифікованості енергоносіїв та обсягів використання імпортованих палив. Тому скорочення споживання природного газу та широке впровадження відновлюваних джерел енергії є актуальними задачами, що стоять сьогодні перед країною.

На сьогодні основним паливом в Україні залишається природний газ – його частка в структурі споживання первинних енергоносіїв складає близько 40%. При цьому, за рахунок власних запасів Україна забезпечує



себе газом лише на 35%, тоді як 65% необхідного обсягу приходится імпортувати, в першу чергу, з Росії. До того ж вартість природного газу з 2005 року постійно зростає (рис.). На вугілля припадає 28% загального споживання первинних енергоносіїв, на нафту та нафтопродукти – 12%, на атомну енергію – 18%. Внесок відновлюваних джерел енергії до енергобалансу становить 2,5%, у тому числі великої гідроенергетики – 2%. З біомаси виробляється лише близько 0,5% загального обсягу енергії (рис. 1.1).

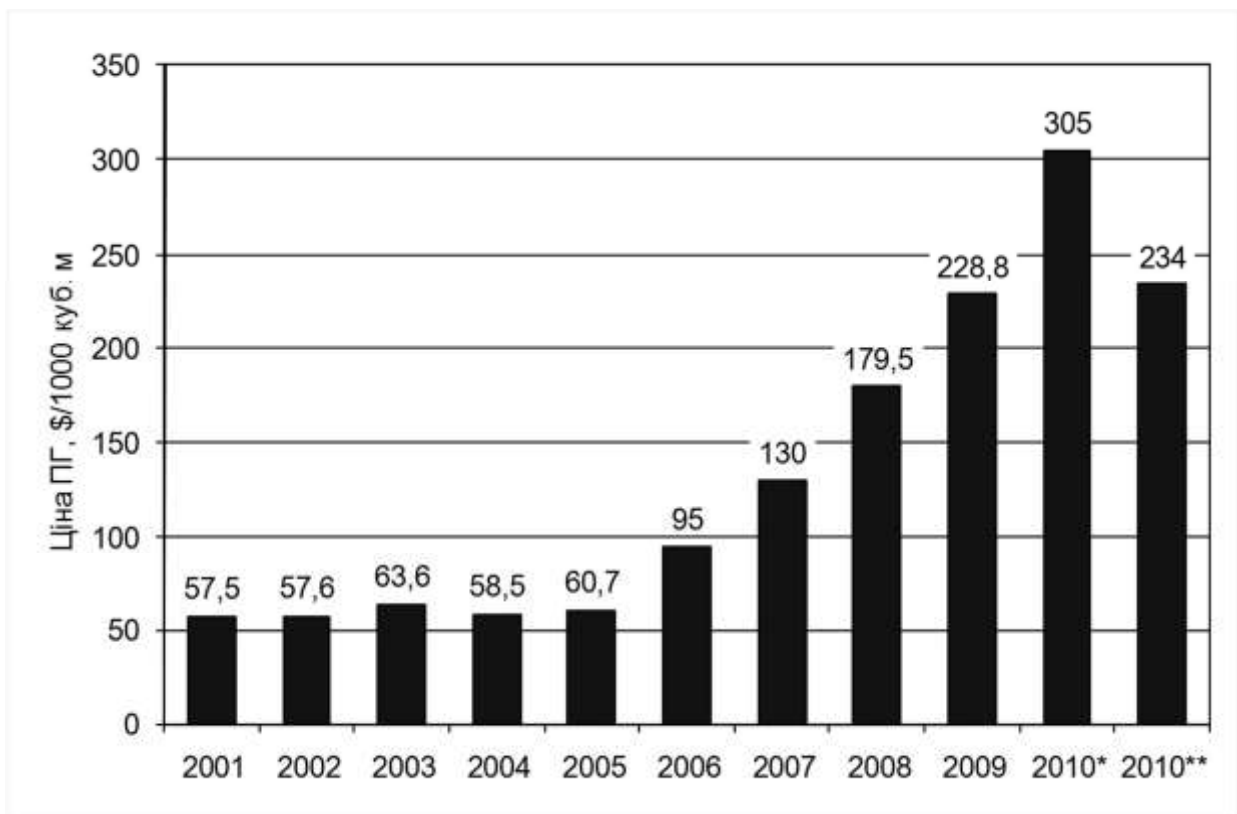


Рис 1.1. Ріст оптової ціни природного газу на кордоні України

\* перший квартал 2010 року;

\*\* другий квартал 2010 року

Серед усіх відновлюваних джерел енергії біомаса є найбільш перспективним джерелом, оскільки, по-перше, Україна має великі її запаси, доступні для енергетичного використання; по-друге, її застосування як палива призводить до прямого заміщення природного газу.

Оцінка, виконана фахівцями Інституту технічної теплофізики НАН України, показує, що економічно доцільний потенціал біомаси становить близько 30 млн. т у. п. /рік, що може задовольнити до 18% потреби України у первинній енергії. Основними складовими потенціалу є відходи сільського господарства та енергетичні культури. При цьому, сільськогосподарські відходи є реальною складовою, яку можна сьогодні використовувати для виробництва енергії. Енергетичні культури представляють зараз «віртуальну» частину потенціалу, оскільки їх вирощування в Україні обмежується зараз кількома дослідними та експериментальними плантаціями. Виробництво енергетичних культур на промисловому та комерційному рівні ще не розпочалося, але загальна тенденція показує, що швидкого розвитку цього напрямку можна очікувати вже в найближчому майбутньому.

Однією із суттєвих переваг біомаси є її відносна дешевизна порівняно з традиційними паливами, у першу чергу, з природним газом. Вартість більшості видів твердих біопалив у перерахунку на одиницю енергії (ГДж) суттєво менша вартості природного газу для промислових споживачів. Деревні гранули найдорожчі серед твердих біопалив, навіть дорожчі за природний газ для житлово-комунального господарства і населення. Це можна пояснити тим фактом, що ціна природного газу для цих категорій споживачів штучно занижена порівняно з ринковим рівнем.

За існуючих цін на викопні палива, теплову енергію та біомасу впровадження котлів на біомасі для виробництва теплової енергії є економічно доцільним і може рекомендуватися сьогодні практично для всіх об'єктів теплоенергетики, тобто в бюджетному, комунальному та промисловому секторах. Термін окупності проектів із впровадження котлів на деревині та соломі – близько двох років. Відносно низькі ціни на природний газ для населення і житлово-комунального господарства є основною перешкодою для широкого застосування біомаси як палива в цих секторах.

Згідно з виконаними оцінками, ємність ринку України для впровадження котлів на біомасі становить 57100 одиниць загальною встановленою потужністю 8180 МВт. Введення в експлуатацію цього обладнання призведе до заміщення 4,8 млрд. м<sup>3</sup>/рік природного газу. Вартість заміщеного газу становить 12,8 млрд. грн. (за ціни 2638 грн. / 1000 м<sup>3</sup>). Вартість біомаси, необхідної для роботи біоенергетичного обладнання, – 2,6 млрд. грн. (за середньої ціни 200 грн./т). Тоді сумарна річна економія коштів завдяки заміщенню природного газу біомасою становить  $12,8 - 2,6 = 10,2$  млрд. грн., що у 1,8 раза більше величини загальних інвестиційних витрат, необхідних на впровадження запропонованого парку котлів. Важливо, що ця економія коштів повторюватиметься з року в рік.

На сьогодні в Україні працюють близько 20 котлів на тюкованій соломі потужністю до 1 МВт, встановлених, переважно, у сільських школах та на сільськогосподарських підприємствах. Більше 1,5 тис. котлів потужністю понад 100 кВт виробляють теплову енергію з деревної біомаси. З них близько тисячі – це досить старі котли самостійно переведені підприємствами лісової та деревообробної галузей з вугілля та мазуту на спалювання деревних відходів. У перспективі їх доцільно замінити на сучасні деревноспалюючі котли з більш високим ККД та суттєво кращими показниками по емісії шкідливих речовин.

У секторі електроенергії з біомаси ситуація змінюється на краще після введення нового порядку розрахунку «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену з відновлюваних джерел енергії. Цей порядок розрахунку висвітлений у Законі України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії» (від 01.04.2009 № 1220-VI) та Постанові НКРЕ «Про затвердження змін до Порядку встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу для суб'єктів господарської діяльності» (від 16.07.2009 № 828).

З урахуванням впливу «зеленого» тарифу, на період до 2020 р. можна рекомендувати впровадження такого обладнання для виробництва електроенергії з біомаси: міні-ТЕЦ на деревині, міні-ТЕЦ на соломі, когенераційні установки на біогазі з гною та інших відходів сільського господарства, міні-електростанції на біогазі з полігонів твердих побутових відходів.

Україна має добрі передумови та достатній потенціал для динамічного розвитку сектора біоенергетики. Основними рушійними силами цього процесу є постійний ріст цін на традиційні енергоносії та наявність великого потенціалу біомаси, доступної для енергетичного використання. Діючий закон про біопалива та закон щодо «зеленого» тарифу сприяють впровадженню біоенергетичних технологій для виробництва теплової та електричної енергії.

Ефективність процесу розвитку біоенергетики в Україні суттєво залежить від координованості робіт у цьому секторі та правильного вибору пріоритетів. Вважаємо, що на урядовому рівні має бути визначений єдиний державний орган, який би займався всіма питаннями в біоенергетичному секторі і координував роботу інших причетних організацій та установ. Пріоритетні напрямки розвитку мають бути визначені у державній програмі розвитку біоенергетики в Україні при забезпеченні її фінансування. Подальші вдосконалення необхідні також у чинному законодавстві, щодо стимулювання виробництва та споживання біопалив та щодо «зеленого» тарифу. Додатково в законодавчому порядку пропонуємо звільнити біопалива від ПДВ та ввести державну субсидію покупцям біоенергетичного обладнання у розмірі 20% від його вартості. Одним з суттєвих бар'єрів на шляху розвитку сектора біоенергетики в Україні є перекис цін на природний газ для різних категорій споживачів. Штучно занижена ціна на газ для населення та житлово-комунального господарства робить практично неможливим впровадження

біоенергетичних технологій у побутовому та житлово-комунальному секторах.

Національні цілі із внеску біомаси до загального споживання первинних енергоносіїв мають бути зафіксовані в офіційному документі, наприклад такому як План дій по біомасі. Вважаємо за реально досяжні такі показники: 2010 р. – 1% (що еквівалентно споживанню близько 2 млн. т у. п.), 2020 р. – 5%, 2030 р. – до 10%.

### **Висновки до I розділу**

Оцінюючи сучасний стан біоенергетики в провідних країнах світу та Україні, варто відмітити, що в розглянутих та проаналізованих нами працях, публікаціях, документах розглянуті певні аспекти становлення ринку біологічних видів палива, проте, до цього часу не було необхідних норм, які б забезпечували регулювання їх виробництва та поширення.

На нашу думку, важливо визначити пріоритети розвитку біопаливної галузі та цілі державної політики в цій сфері, що неодмінно вплине на розробку та прийняття необхідних законодавчих рішень та сприятиме нарощуванню виробництва окремих видів біопалива.

Необхідність розвивати альтернативні джерела енергії всередині країни пов'язана із проблемами сьогодення – високою залежністю від імпорту енергоносіїв, що впливає на нестабільність цін та позначається на добробуті населення країни, а також загостренні екологічної ситуації, у зв'язку із щорічним збільшенням викидів шкідливих речовин у атмосферу.

При цьому важливу роль у розвитку біологічних видів пального відіграє сільське господарство, оскільки саме сировина рослинного походження використовується як джерело для їх виробництва. В свою чергу посилення конкуренції за сировинні ресурси сільського господарства з боку промислового виробництва біопального, призводить до гострих дискусій урядів багатьох країн щодо диверсифікації сільськогосподарського виробництва.

## **РОЗДІЛ II.**

### **ПІДБІР ЕНЕРГЕТИЧНИХ РОСЛИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ «СХІДНОГО ОПІЛЛЯ»**

**Опілля (Подільське горбогір'я)** – західна частина Подільської височини, одна із найвищих та найбільш розчленованих її частин. Розміщена на південному сході від міста Львова, у територіальних границях Івано-Франківської, Львівської та Тернопільської областей. Східна частина межує із річкою Золота Липа, західна – із річкою Верещицею (відповідно до інших джерел – із річкою Щиркою), південь підходить до річки Дністер, північ – до Львівського плато, Гологорів та Перемишлянського низькогір'я. Поділяється на наступні природні райони: Придністерське Опілля, Львівське Опілля, Рогатинське Опілля, Ходорівське Опілля, Бурштинське Опілля та Галицьке Опілля. Переважна висота 350 – 400 м. Протікають річки Зубра, Щирка, Гнила Липа, Бібрка, Студений Потік, Давидівка, Свірж, Нараївка (усі – ліві притоки річки Дністер). Поширені сірі лісові ґрунти на яких ростуть буково-дубові ліси. Значна площа розорана, густо заселена.

#### **2.1. Розташування об'єкту досліджень та історія території**

Географічне розташування Східного Опілля є своєрідним і в певній мірі унікальним. Воно розміщене у крайній західній найбільш піднятій і найбільш розчленованій частині Подільської височини. Східна границя межує із Тернопільським плато від Плугова річках Стрипа та Золота Липа до міста Підгайці та далі аж до гирла річки Стрипи. Західна границя проходить по долині річки Верещиця, південно-західна – річки Дністер. Північна – граничить із Малим Поліссям; границя проходить по підніжжю крутого обриву Подільської височини. Площа Східного Опілля – 6226 км<sup>2</sup>.

На території Опілля знаходиться значна доля (~80 км) європейського вододілу, до якого належать ріки Чорноморського та Балтійського басейнів. Найвищою точкою є гора Камула (471 м), що є найвищим возвищенням між Уралом і Карпатами.

Східне Опілля розміщене на сході регіону, переважно у Підгаєцькому, Бережанському та Монастириському і на частині Зборівського району Тернопільської області (рис. 2.1).

При геолого-тектонічному розгляді Опілля знаходиться на контакті двох платформ: Західно- та Східноєвропейської й їх стику із Карпатською геосинклінальною областю. У структурному відношенні Опілля розміщується в границях осьової зони Галицько-Волинської западини (з заглибленням фундаменту 2500 – 5000 м та більше) і західного схилу Українського кристалічного щита, на границі її переходу у Передкарпатський передовий прогин, що відділений від платформи глибинним розломом. Сучасний вигляд Опілля був сформований за рахунок неотектонічного підняття, яке охопило території південно-західних окраїн Східноєвропейської платформи у кінці міоцену і у плейстоцені. Сумарна амплітуда тектонічного підняття досягло 350 – 400 м. Потужність сучасного тектонічного підняття знаходиться у межах 5 – 10 мм у рік [6]. Підтвердженням даних тектонічних зрушень є мапа найвищих денудаційних точок сучасного рельєфу і мапи глибини розчленування Східного Опілля.

Активність тектонічних процесів, які мали місце у геологічній історії Карпат, нанесли значний вплив на прилеглі до них південно-західні регіони Східноєвропейської платформи. Занурюючись далеко вглибину платформи, ними утворена широка (200 – 250 км) перехідна зона, яка простягається аж до Українського кристалічного щита. Внутрішня границя перехідної зони Карпат і Східноєвропейської платформи є достатньо виразною, оскільки вона відповідає лінії з'єднання Карпат із Предкарпатським прогином.

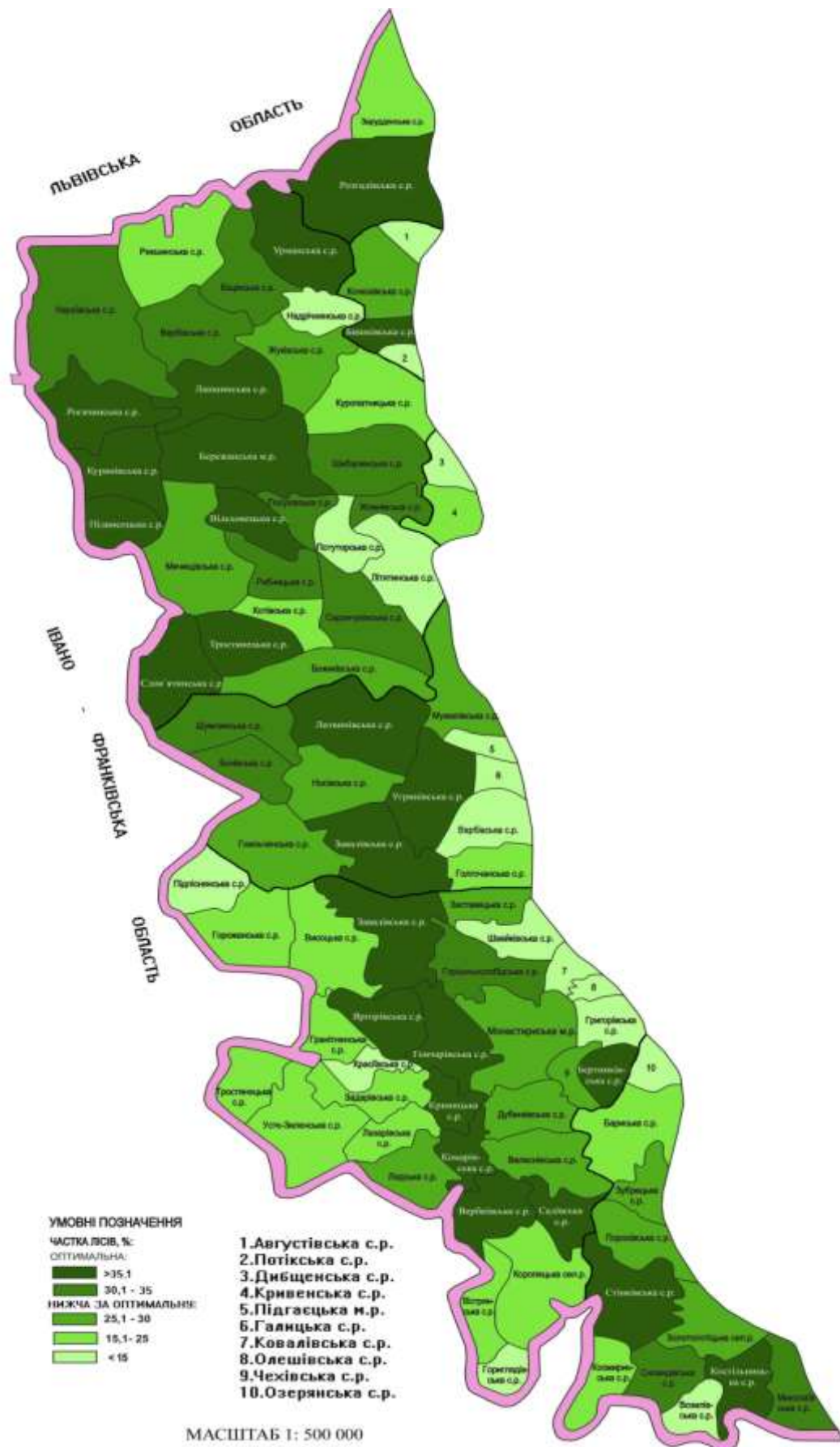


Рис. 2.1. Структура господарського освоєння (% заліснення) земель Східного Опілля.



Зовнішня (платформна) границя є менш чіткою, вона відносно добре видима тільки у рамках Товтрової гряди, розташування якої чітко відповідає лінії розташування Східних Карпат. На схід від Товтрової гряди лінійна структура північно-західного розмежування втрачається, однак зберігається відносно високе значення неотектонічної активності території аж до річки Дніпро. Дане велике неотектонічне утворення, яке знаходиться між Предкарпатським прогином та Дніпром, із високим склепінням розташованим в межах Волино-Поділля було запропоновано назвати І. Гофштейном – Волино-Подільським підняттям. Дане підняття, на наш погляд, можна сприймати як перехідну зону Карпат і Східноєвропейської платформи. А Західно-Подільське горбогір'я це найбільш яскраво виражена її частина, що володіє усіма чітко вираженими характеристиками перехідних зон (смуг):

- більшою інтенсивністю у порівнянні з платформами та меншою інтенсивністю при порівнянні з орогенами неотектонічних рухів і екзогенних процесів рельєфоутворення, та зниження їх інтенсивності від орогену до платформи;

- сучасний структурний план перехідних зон залежний від неоструктурного плану Карпат, що відображається в однонаправленому простяганні основних структурних складових (Товтрової гряди та Подільського валу);

- присутністю паралельної до орогену низки сучасних розривів, складок і флексур.

З орографічної точки зору плані Західно-Подільське горбогір'я це плато із абсолютною висотою 350 – 470 м, сильно пронизане долинами таких річок як Бібрки, Зубри, Нараївки, Золотої Липи, Гнилої Липи, Коропця тощо. У плані володіє трикутною формою та добре вираженими орографічними межами. Рельєф є горбистим, де добре видніються окремі гряди та вали, що проходять із південного сходу на північний захід на 10 – 12 км і, як правило, мають похилі північно-східні та круті південно-західні

схили, а також плоскі вершини. Найбільшою з гряд, на думку В.Тессейра, є утворена Бібрко-Миколаївським і Перемишлянсько-Чернелицьким хребтами.

Із західної та південної сторін горбогір'я поволі знижується й міняється горбистими та хвилястими рівнинами: Городоцько-Щирецькою – на заході та Рогатинсько-Ходорівською – на півдні. Остання поволі змінюється Галицькою котловиною, що розташована від села Маринопіль до Журавенківської височини.

Отже, як бачимо, характерною особливістю Західно-Подільського горбогір'я є поєднання рівнинного та крупногорбистого ерозійно-тектонічного походження рельєфів.

Польові дослідження показують, що на території Західно-Подільського горбогір'я добре відслідковуються антропогенні денудаційні площі вирівнювання, що формують три основні рівні: нижній, середній і верхній (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Гіпсометричне розміщення антропогенних денудаційних площ вирівнювання [6]**

Підрайони ЗПГ	Абсолютні позначки ДПВ, м		
	Нижня	Середня	Верхня
Придністровське Опілля	216 – 218	246 – 248	263 – 267
Південно-Опільська хвиляста рівнина	262 – 269	305 – 311	343 – 345
Власне Опілля	266 – 270	333 – 339	366 – 373
Середнє значення	248 – 253	295 – 299	324 – 328

Як бачимо, дані площі, як правило, є деструктурними, так як зрізають різновікові породи, що є різні за літологічним складом і міцністю; проходять у виді паралельних між собою східчасто розташованих смуг та формують хвилясто подібні пасма-вододіли між окремими долинами. Вони

є пологонахиленими до ерозійних базисів та чіткими, у більшості випадків, уступами до нижніх рівнів.

Рельєф Західно-Подільського горбогір'я обумовлений великою кількістю поверхневих карстових форм, що обумовлені близьким розташуванням порід, які піддаються карстуванню (тортонські гіпси та літотамнієві вапняки). Даного роду рельєфні форми поширені по вододілах Бережанського горбогір'я та по Городоцько-Щирецькій рівнині й характеризуються карстовими лійками, западинами, ровами (села Куряни, Шумляни, Гутисько, Рогачин тощо) які мають різні розміри та форми [4]; в околицях села Гутисько є печера, що є одна із найбільших печер вапнякового походження у Західному Поділлі. Глибина даної печери – 36,7 м, довжиною – 175,5 м, об'ємом – 427,5 м<sup>3</sup>.

В цілому, сучасний рельєф Західно-Подільського горбогір'я це наслідок історії розвитку Карпатських гір і прилягаючого Поділля, а формування його зумовлене двома протилежними чинниками: ерозійним і тектонічним.

Як показують дослідження, ґрунти Західно-Подільського горбогір'я у генетичному розгляді володіють низкою спільних характеристик з ґрунтами Прикарпатського регіону. Так, темно-сірі опідзолені, сірі, ясно-сірі та чорноземи опідзолені є аналогічними до – поверхнево оглеєних та глейових, дернових опідзолених, дерново-підзолистих, чорноземовидних опідзолених, дернових глибоко опідзолених – надмірно зволжених типів ґрунтів Прикарпатського регіону.

Структуру ґрунтового покриву, крім вище перелічених ґрунтів, формують також бурі лісові (типовий карпатський тип), які сформувалися на базі супіщаних і піщаних порід, а також дерново-карбонатні – сформовані на гіпсах і вапняках неогену та мергелях верхніх крейд. На східній, південно-східній та центральній частинах Західно-Подільського горбогір'я найбільш поширеними ґрунтами є буровато-сірі лісові ґрунти, що сформовані під дубово-грабовими та буково-грабовими лісами на

четвертинних лесах легкого механічного складу. Хороша дренажність даного типу ґрунтів за умови вологого клімату призвів до розвитку на сірих лісових характерних рис буроземних ґрунтів.

Отже, присутність у складі ґрунтового покриву Західно-Подільського горбогір'я буроземоподібних і буроземних ґрунтів, похожих до типових карпатських, відображає перехідний їх характер.

Значне розчленування зовнішнього покриву формує значне різноманіття едафічних і еколого-мікрокліматичних ніш, що мають суттєвий вплив на розповсюдження рослинних екосистем та окремих індивідів флори із різноманітними екологічними потребами.

Західно-Подільське горбогір'я розташоване у перехідній смузі між лісостеповою та лісовою зонами. Характерні ознаки лісостепу є чітко вираженими на рівнинах (Рогатинсько-Ходорівська та Городоцька рівнини, Львівське плато), а лісової – на горбогірних ділянках.

Основним типом рослинного світу є лісові насадження, що займають 25 – 30 % усієї площі регіону. Переважна частина це букові та грабово-букові лісові насадження розташовані на найбільш підвищених ділянках рельєфу.

Одним із підтверджень того, що Західно-Подільське горбогір'я перебуває у перехідній зоні є те, що флора даного регіону надзвичайно схожа із флорою Карпат. На ньому поширена низка гірських типів «карпатського виду», які у більш східних регіонах не зустрічаються, чи зустрічаються надзвичайно рідко. Так, до таких типів відноситься: крем'яник гарний, арум плямистий, апозерис смердючий, живокіст серцевидний, пренант пурпуровий, ожика лісова, лунарія оживаюча, зубниця залозиста і бульбиста, вероніка гірська та низка інших [29].

Відповідно до останніх досліджень [6] на території Західно-Подільського горбогір'я росте близько 1200 типів вищих судинних рослин. Такого роду флористичне різноманіття на відносно невеликій території, що належить досліджуваному регіону, також викликане перехідним

характером його розміщення, а також складною історією розвитку флористичних особливостей.

Специфіка та індивідуальність флори Західно-Подільського горбогір'я відображається значною величиною ендемізму у підвидовому та видовому рівнях. Тут знаходяться як неоендеміки, так і палеоендеміки. Необхідно відмітити той факти, що майже половина ендеміків, які є характерними для Волино-Поділля, зустрічається на теренах Західно-Подільського горбогір'я.

Завдяки розташування у флористичному вузлі, у зоні стику лісостепової та широколистяно-лісової зон, а також східноєвропейської та центральноєвропейської провінцій, Західно-Подільське горбогір'я є границею розповсюдження цілої низки видів та типів рослинного світу. Західно-Подільське горбогір'я є східною та північно-східною межею великої кількості паннонських і центральноєвропейських видів; західною та північно-західною межею понтичних і східноєвропейських видів; південною межею низки палеарктичних і бореальних видів.

Завдячуючи переліченим вище характеристикам флора Західно-Подільського горбогір'я не тільки є багатого по своєму видовому складу, а також є різноманітною у історичному й ботаніко-географічному сенсах. У зв'язку з цим тут виникає і тісно переплітається велика кількість питань ботаніко-географічного плану, як теоретичного, так і прикладного характерів.

Просторове розміщення Західно-Подільського горбогір'я в платформно-геосинклінальному вузлі має значний вплив не тільки на характерні риси геологічної історії, а й на орографію, присутність різного роду екологічних умов, а отже – розвиток дуже багатого та різноманітного рослинного та тваринного світів, а отже цілком закономірно, накладає свій вплив на розвиток ландшафтної структури загалом.

Із фізико-географічного погляду територія Західно-Подільського горбогір'я характеризується достатньо особливим поєднанням

неоднорідних ландшафтів, що є наслідком того, що вона розміщується у перехідній зоні між лісовою та лісостеповою смугами. Для даної території типова достатньо складна ландшафтна будова, що відображена двома класами ландшафтних типів: опільсько-лісостеповим і горбогірно-лісовим. Останній тип має добре вираження на загальному тлі регіону.

Ландшафтні границі виділених ландшафтних типів формують, у своїй більшості, достатньо виражені перехідні полоси, які на просторово-топологічних планах значно відрізняються по ширині. Найбільш чітка смуга це передгорбогірна зона, де проходить контакт різного роду ландшафтів, та оторочує горбогірно-лісову групу.

Ландшафти Західно-Подільського горбогір'я відносяться до класу перехідних (контактних або передгірних) ландшафтів, де ми можемо бачити характерний ландшафтогенез парадинамічних систем «гори – рівнина», а також де проходить активний обмін енергією, речовиною й інформацією.

Отже, необхідно відмітити що Подільське горбогір'я (Опілля) привертає до себе увагу, в першу чергу тим, що проводячи його дослідження можна виділити більшість наявних загальних проблем які виникають у перехідних ландшафтних смугах, оскільки воно є класичним прикладом геоекотону. Досліджуваний регіон є надзвичайно унікальною територією для вирощування широкого спектру енергетичних рослин.

## **2.2. Аналіз природної характеристики району дослідження, з огляду на ефективність вирощування енергетичних рослин**

Клімат Подільського горбогір'я, як і якої-небудь іншої території, залежить від впливу циркуляції атмосфери, сонячної радіації та низки інших географічних чинників.

Сумарна величина сонячної радіації у рамках регіону становить 100 ккал / см<sup>2</sup> в рік. Альbedo у теплу пору року становить 29 %, а у холодну – 45 %.

Кількість поглинутої радіації протягом року – 78 ккал/см<sup>2</sup>, радіаційний баланс протягом року близько 40 ккал/см<sup>2</sup>. Найбільші значення додатних сум радіаційного балансу відмічаються у червні-липні, а найбільші від'ємні – січні. Час сонячного сяяння протягом року становить 1800 годин. Середнє проходження вегетаційного періоду – 202 дні.

Температура повітря в продовж року змінюється аналогічно до змін сонячної радіації. Найвищою середньодобова температура є у липні, а найнижчою – січні.

Базуючись на багаторічні спостереження середнє значення температури в липні становить +18,5°, максимальнє значення температури до + 36,6° відмічається у першій декаді серпня. Середнє значення температури у січні – 5,4°, а мінімальнє – 27,3°. Річнє значення амплітуди температур становить 23,9°, найбільше (мах-мін) – 63,9°.

Тривалість без морозного періоду становить 150 – 160 днів. Перехід середньодобової температури через 0° на весні проходить у другій половині березня, а восени – у кінці листопада. Сумарнє значення позитивних температур більших +10° протягом року становить 24000 – 25000.

Останні приморозки весною завершуються, як правило, на початку травня, перші приморозки осінню проходять на початку жовтня. Інколи, в окремі роки спостерігаються відхилення від середніх показників.

Циркуляція атмосферного повітря над територією регіону відповідає загальним принципам атмосферної циркуляції атмосферного повітря над усією територією Подільської височини та прилеглих до неї територій. Тут часто проходять як циклони так й антициклони, а також пов'язані із ними атмосферні фронти, наслідком чого є різка та часта зміна погодних умов. Протягом року тут проходять більше 45 циклонів та 35 антициклонів. Циклони наступають із заходу, північного заходу, південного заходу та зрідка із півдня.

Теплі сектори циклонів весною та взимку приносять повітряні маси із помірних тропічних широт Атлантичного океану. Весною та влітку теплі сектори циклонів можуть принести континентальні повітряні маси із тропічних і помірних широт.

Із Арктики повітряні маси приходять на протязі усього року у вигляді центрів високого тиску, які у більшості випадків просуваються у тил циклону та викликають зимою та у перехідних періодах різкі зниження температур, а літом сприяють продовженню посушливої погоди.

Літом повітряні маси із тропічних широт поступають із відрогів Азорського максимуму та викликають тривале підвищення температур, а зимою – різке потепління із відлигою до  $+15^{\circ}$ , що приводить до інтенсивного танення снігового покриву.

Континентальні повітряні маси із помірних широт, що поступають з відрогів Азіатського максимуму викликають зимою малоохмарну морську погоду, а літом тривалі періоди сухої та жаркої погоди.

На досліджуваній території переважають вітри західні, північно-західні та південно-західні, частка яких протягом року становить понад 54 %, 34 % належить вітрам південно-східного та східного напрямків, остальні 10 – 12 % – вітрам південного та північного напрямків.



Середньомісячні коливання швидкості вітру є невеликими – 2...3 м/сек. Однак інколи бувають бурі, при яких швидкість вітру може досягати 15...20 м/сек., наслідком яких є значна завдана шкода будівлям і лісовим угіддям.

Річна кількість атмосферних опадів, які випадають на території регіону перебуває у межах 600 – 700 мм на рік. Максимальна кількість опадів випадає у травні – серпні. Інколи місячна кількість осадків може досягти 200 мм, а деколи знизитись до 12 – 15 мм. Зафіксовані добові максимуми 100 і навіть 200 мм.

Сніг лежить 40 – 75 днів. У більшості випадків він випадає в кінці листопада – початку грудня і сходить у кінці березня. Загалом сніговий покрив є нестійким. У зв'язку із частими відлигами він деколи сходить декілька раз протягом зими. Середня товщина снігового покриву становить 14 – 18 см.

Початком весни вважається день стійкого переходу середньодобової температури через позначку  $0^{\circ}$  С, що, як правило, відбувається у другій половині березня. Весна продовжується в середньому протягом 2,5 місяців.

Характерною ознакою весняного сезону є постійне нарощування температури. Середнє значення температури повітря у квітні в обідню пору сягає  $+10^{\circ}$ , а максимальне –  $+27...+29^{\circ}$ . Однак весною інколи бувають й приморозки.

Початком літнього періоду вважається день переходу середньодобової температури через позначку  $+15^{\circ}$ . Це відбувається, як правило в кінці травня. Завершується літній період на початку вересня із падінням середньодобової температури нижче  $+15^{\circ}$ .

За початок осені вважається день коли середньодобова температура повітря опускається нижче  $10^{\circ}$ , що трапляється, як правило, на початку жовтня. Завершенням осені вважається день коли середньодобова температура повітря опускається нижче  $0^{\circ}$ , що трапляється, як правило, у кінці листопада.

Зимовий період починається в кінці листопада та триває до другої половини березня. Зимова погода встановлюється не одразу. Частіше початок зимового періоду характеризується нестійкими погодними умовами з частими змінами морозів і відлиг.

У зимовий період переважає хмарна погода з переважно невеликими але частими опадами. Кількість днів із опадами: грудень – 19, січень – 18, лютий – 16.

Річкова система представлена річками: Серет, Лопушанка, Висушка, Стрипа, Золота та Гнила Липа, Нараївка, а також їх притоки, що належать до малих річок які розчленовують рівнини. Річкова мережа є достатньо розвиненою, середня густина її у межах регіону становить  $0,4 \text{ км/км}^2$ . За своїм режимом річки відносяться до типу рівнинних, що мають змішане живленням: атмосферні опади та підземні води. Через те, що ріки і їх притоки перетинають низку водоносних горизонтів їх живлення за допомогою підземних вод є ключовим та постійним. Усі ріки регіону є лівими притоками Дністра.

На весні рівень вод у річках зростає із кінця лютого – початку березня. Весняні повені найвищого рівня досягають у другій половині березня. Середнє значення підвищення рівня вод у річках протягом доби становить –  $6...8 \text{ см.}$ , максимальне –  $0,5...1 \text{ м.}$  Повені завершуються протягом  $15...20 \text{ днів}$ , це залежить від товщини шару снігового покриву й інтенсивності його танення.

Літом дощові паводки найбільш часто трапляються у червні – липні. Середнє значення їх висоти вище умовного рівня коливається у межах  $0,2...0,7 \text{ м.}$

Із гідрогеологічної точки зору район належить до складу Волино-Подільського артезіанського басейну, який характеризується розгалуженою системою горизонтів підземних вод у мезозойських, палеозойських і кайнозойських шарах. Залягання прісних вод розвідано до глибини у  $300...400 \text{ м.}$

В багатьох місцях підземні води виходять на поверхню у вигляді джерел, особливо сильного поширення це набуло в північній частині району, яка є найбільш підвищеною. Деякі джерела відзначаються надзвичайно високими значеннями дебітів – 10...15 л/сек., чи 1000 м<sup>3</sup> на добу, є також і такі місця де підземні води виходять ще у більшій формі, це так звані «вікна», які мають майже стабільні дебіти впродовж року.

Підземні води використовують з різним призначенням. Однак, необхідно відмітити той факт, що вода із окремих джерел, відповідно до результатів хімічних аналізів, є непридатною для пиття у зв'язку із наявністю в ній аміаку та/або повною відсутністю деяких сполук хімічних елементів.

Ґрунти досліджуваного району є сформовані з лесу та лесовидних суглинків, які були утворені наприкінці третинного та початку четвертинного періодів і відзначаються високим показником родючості. Інші ґрунтоутворні породи, такі як вапняк, крейда дотретинного і третинного періодів мають незначне поширення.

Ґрунти пройшли складний шлях у своєму розвитку, їх формування проходило у повній залежності від кліматичних умов, поверхні місцевості та материнської породи, на якій відбувалося їх утворення.

Різне співвідношення ґрунтових чинників сприяло формуванню неоднорідних ґрунтів. Сучасний стан ґрунтів району це результат тривалих процесів взаємодії природних чинників ґрунтоутворення та господарського впливу людини.

Раніше на досліджуваній території росли широколисті ліси. Вологий клімат та присутність лісової рослинності сприяло формуванню сірих лісових ґрунтів.

Однак, у зв'язку із звільненням від лісової рослинності великої кількості земель, формування різних ґрунтів необхідно розглядати як процес їх окультурення.

Більшість площ території району займають сірі лісові ґрунти. На окремих ділянках розташовуються лучні ґрунти й опідзолені чорноземи.

Сірі опідзолені ґрунти володіють декількома видозмінами. Світло-сірими ґрунтами покриті найвищі ділянки, які, як правило, перебувають під лісовими насадженнями.

Найбільшою кількістю гумусу (до 4,1 %), а також кращою структурою володіють темно-сірі ґрунти. Сірі та світло-сірі опідзолені ґрунти володіють слабо вираженою грудкуватою структурою, значною кислотністю, малим вмістом гумусу (1,8 ... 2,2 %).

Темно-сірі ґрунти володіють добре розвиненим ілювіальним горизонтом. Для обробітку вони мають набагато кращі характеристики ніж сірі та світло-сірі опідзолені ґрунти, які характеризуються високим показником кислотності. Ґрунти району є піддані ерозійним формам рельєфу, формуванню ярів, промоїн, балок, ритвин.

Теперішній стан лісових ландшафтів східної частини Опілля це – культурні лісові насадження з частковими залишками ідентичної лісової рослинності. Лісовий покрив становить 31 % або 52,7 тис. га досліджуваних територій. Лісистість об'єкту дослідження є достатньо високою (середнє значення по Україні – 15,6 %), однак великі площі вирубок призвели до того, що ідентичні лісові насадження збереглися тільки на окремих площах, змінилися властивості ґрунтів, мікроклімат приземного шару, видовий склад і структура рослинного та тваринного світів, рівень ґрунтових вод, стоків.

Вікова структура лісового покриву нездатна забезпечити рівномірність, сталість і безперервність лісокористування, за рахунок того, що у ньому переважає молодняк і середньовікові дерева. У структурі використання лісових насаджень значного значення набуває екологічна (несировинна) функція: ґрунтозахисна, водоохоронна, водорегулююча, санітарно-гігієнічна і т.д.. Лісомеліоративні насадження як по площі, так і по характеру їх розташування не забезпечують збереження екологічної

рівноваги та умов, які є необхідними для забезпечення збереженості земельних угідь від ерозії.

Переважна більшість лісових угідь це похідні лісові насадження, які виростили на місцях вирубок природних лісів чи штучно насаджені ліси та полезахисні лісові смуги. Як ми знаємо, лісові ресурси, як правило, використовуються не раціонально, що створює перешкоди повному задоволенню у деревині господарських потреб, ресурсах не деревинного походження, а також забезпеченню здійснення екологічних і рекреаційних функцій лісу, знижується можливість захисту лісових насаджень від несприятливих техногенних і природних процесів та явищ. Вже сьогодні потрібно забезпечити використання лісових ресурсів так, щоб забезпечувалося їхнє біологічне різноманіття, спроможність до відновлення, продуктивність і можливість здійснення економічних та екологічних функцій.

Східні території Опілля відносяться до зони широколистяних лісових ландшафтів. На них найбільш поширеними є грабово-букові, букові, дубово-букові лісові насадження (північно-західна частина), грабові та грабово-дубові насадження (центральна, південна та північно-східна частини), дубові лісові насадження з дуба звичайного (північна та центральна частини), дубово-соснові лісові насадження, в яких зустрічається сосна, липа, клен, граб, ясен, береза, каштан, осика. У лісових посадках переважають бук, сосна, клен, дуб, граб, ялина, тополя, береза. Необхідно відмітити, що продуктивність штучно насаджених і вторинних лісів є меншою від природних.

Структуру чагарникового підліску складають шипшина, ліщина, клен, а трав'яний покрив – звіробій, осока, барвінок тощо. Потрібно сказати, що лісові насадження району мають виконувати і природоохоронну функцію, так як ними вкрита більшість схилів ярів, горбів і балок.

Ліси регіону відіграють велику господарську і особливо екологічну роль. Розрізняють поєззахисні лісосмуги, середовищезахисні ліси, експлуатаційні ліси та ліси екологічної мережі.

На Тернопільській частині Опілля діє ДП «Бережанське ЛМГ» яке було створене у 1940 р. На сьогоднішній день у його склад входять наступні лісництва: Козівське, Бережанське, Конюхівське, Завалівське, Литвинівське, Підгаєцьке, Нараївське та Урманське. Загальна площа ЛМГ становить – 29 087 га. ДП «Бережанське ЛМГ» включає 5 адміністративних районів: Козівський, Бережанський, Монастириський, Зборівський і Підгаєцький. Згідно даних обліку лісових земель, останні займають площу – 28 473 га, у тому числі лісові культури (насадження сформовані лісівниками) – 13 295 га. До основних лісоутворюючих порід належить дуб (10 706 га), бук (10 130 га), хвойні (3 064 га) та м'яколистяні (береза, осика) – 619 га.

Як бачимо, головними лісоутворюючими породами є дуб і бук. У пристигаючому та стиглому віці є 61 % букових лісів, 12 % дубових, 11 % грабовових, що становить фундамент лісосировинної бази. Нагляд за лісовими культурами проводиться на площах загальною сумою – 1 335 га.

До пріоритетних завдань сьогодення належить формування нових лісових площ на малопродуктивних і деградованих землях. Протягом останніх чотирьох років ЛМГ було проведено заліснення 500 га земель непридатних для ведення сільськогосподарської діяльності. У 2016 році сформовано 405 га лісових насаджень, в тому числі яких 229,2 га – нові. У 2016 р. лісорозведення та лісовідновлення у 2,1 раза перевищило площі рубок. Найбільшою доля лісів у структурі земельного фонду становить у селі Рогачин (56,1 %) Бережанського району, найменшою – у селі Августівка (0,2 %) Бучацького району. Значним показником лісистості (> 45 %) характеризуються наступні села: Лапшин (46,4 %) Бережанського району, Бертників (50,3 %), Гончарівка (47,8 %), Комарівка (50,0 %),

Криниця (50,6 %), Садів (48,8 %) Монастириського району, Костільниця (47,3 %) Бучацького району, Розгадів (53,7 %) Зборівського району.

Лісові насадження це ліси I та II груп.

Лісові насадження першої групи поділяють на чотири під категорії:

А – лісові насадження, що мають санітарно-гігієнічне й оздоровче призначення (зелені насадження навколо населених пунктів);

Б – лісові насадження, що мають переважно захисне призначення (протиерозійні та захисні лісосмуги);

В – лісові насадження, що мають переважно водоохоронне призначення;

Г – лісові насадження, що мають спеціальне, цільове призначення (парки, заповідники і т.д.).

Лісові насадження другої групи це експлуатовані ліси, при дотримання режиму, що забезпечує сталість водоохоронних та захисних функцій.

Лісові насадження II групи, окрім здійснення економічної функції, разом із лісовими насадженнями I групи забезпечують і низку таких функцій як санітарно-гігієнічна, водорегулююча, естетична, іншими словами вони є поліфункціональними.

Лісові насадження це невід’ємна частина екосистеми, яка задовольняє потреби суспільства у відпочинку та туризмі, лікуванні, іншими словами виконують рекреаційну функцію. Ліси, що знаходяться на прирічкових схилах, привершинних горбах, грядах і межиріччях є найбільш придатними для проведення туристичних походів, пішохідних прогулянок, збору грибів і ягід.

Ліси району відзначаються високою продуктивністю, але передусім вони відіграють велику ґрунто та водоохоронну функцію, так як вони у своїй більшості покривають схили ярів, балок і горбів. Знищення лісових масивів неодмінно приведе до масових ерозій та деградації ґрунтового

покриву, у зв'язку з чим промислове використання деревини у регіоні не повинно сягати великих обсягів.

Населення регіону Східного Опілля складає біля 90 тис. мешканців. Територія характеризується винятково сприятливими природними умовами для розвитку сільськогосподарського виробництва, володіє розвинутою інфраструктурою, має значні ресурси кваліфікованої робочої сили тощо.

У роки радянської влади район вирізнявся високими показниками як сільськогосподарського, так і промислового (в основному харчової і будівельної галузей) виробництва. Як сільське, так і міське населення району було забезпечене безоплатним медичним обслуговуванням і обов'язковою державною безоплатною освітою. Усі населені пункти електрифіковані, в районі розвинута мережа шляхів сполучення, як шосейних, так і залізничних.

На жаль, злочинно-недолуге господарювання Україною за останні 20 років призвело до катастрофічного занепаду і руйнуванн її економіки, споводувало масове безробіття і еміграцію, тотальне пограбування та соціальну і моральну деградацію населення тощо.

Екологічна ситуація Східного Опілля задовільна. Регіон внаслідок удалення від головних індустріальних центрів держави не зазнав значного впливу промислових забруднень і залишається одною з найбільш перспективних в Україні територій для органічного землеробства, зеленого туризму і оздоровлення, виробництва чистих продуктів харчування.



### **2.3. Особливості плантаційного вирощування енергетичних рослин**

Прийняття рішення стосовно вирощування якогось конкретного виду енергетичної культури залежить від великої кількості чинників: типу ґрунту, місце розташування ділянки і доступу до води, виду ландшафту та низки інших. Обов'язково необхідно визначитися із термінами та методами збору урожаю, його зберіганням, транспортуванням і переробкою.

Під терміном «енергетичні плантації» розуміються плантацій деревних насаджень, які мають швидкий ріст у початковому періоді та розмножуються методом зрізання і пускання паростків із пенька. Значна кількість культур досліджувалася, як потенційно можливі для застосування їх як енергетичних, однак лише невелика кількість дійшла до комерційного впровадження та продукується на значних площах. Попит на такого роду культури спричинив їх клонування для досягнення більш придатних характеристик і показників, таких як стійкість до шкідників, засухи, морозів й енергетичної цінності.

Серед енергетичних культур найбільшого поширення набули: світчґрас, верба, міскантус, тополя (їх висадку проводять на 10 – 15 іноді до 30 років, підготовчі роботи для їх вирощування не вимагають значних енергетичних затрат, збір урожаю проводять зимою чи навесні використовуючи звичайну сільськогосподарську техніку), а також цукрове сорго та кормові і цукрові буряки.

**Міскантус** (рис. 2.2) належить до сімейства злакових (Gramineae).

Міскантус є багаторічною трав'янистою культурою, яка має добре розвинену кореневу систему, що досягає понад 2,5 м глибини. Дана коренева система забезпечує рослину дуже добрим одержанням елементів живлення та вологи з ґрунту. Стебло міскантусу є надзвичайно міцним та характеризується великим показником витривалості до механічних пошкоджень, це пояснюється тим, що у ньому міститься велика кількість

целюлози та лігніну. Рослина достатньо добре перезимовує, стійка до опадів і сильних вітрів у зимовий період. В природному середовищі міскантус росте до 2 м і вище.



Рис. 2.2. Міскантус

Вимоги міскантусу стосовно вологи є набагато вищими, ніж це можуть забезпечити середньорічні опади. Однак незважаючи на це, споживання води на приріст одного кілограма сухої маси є достатньо невисоким (приблизно 250 – 300 кг). Ґрунт під вирощування міскантусу необхідно обирати некислий ( $\text{pH} = 6,5$ ), із рівнем ґрунтових вод глибше 1 м. Метод розмноження має значний вплив на зимівлю посіву в перший рік вирощування. Рослини, що були розмножені методом поділу кореневища, перезимовують краще, а ніж рослини розмножені із культур методом *in vitro*. Також краще переносять зиму великі рослини (понад п'ять бруньок).

Міскантусом прикрашають водойми, висадку проводять як окремо так і групами у рокарії, міксбордерах, вздовж газонів. Практично усі види міскантусу володіють тривалим періодом декоративності – з початку весни

аж до пізньої зими. Осінню їх листки набувають різних відтінків коричневого, жовтого та бордового кольорів.

Для створення сухих флористичних композицій використовують суцвіття міскантуса. Для цього суцвіття збирають у фазі повної зрілості, у період коли вони робляться пухнастими.

Нами міскантус розглядається, в першу чергу, як одне із відновлювальних джерел енергії, так як урожай із одного висіву можна отримувати на протязі 30 років в об'ємі до 30 тонн на га. Збирання біомаси можна проводити щорічно. Виробничі витрати на продукування міскантусу, у європейських державах, становлять 35 – 105 євро/т сухої маси.

**Світчграс** (Switchgrass – *Panicum virgatum* L.) (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Світчграс

Світчграс є прямостоячою теплолюбивою багаторічною рослиною, що росте у преріях та подібна до кущового злаку. Він може розмножуватися як кореневищем так і насінням. Рослина володіє

червонуватими прямостоячими стеблами, що ростуть у висоту до 2,7 м. Коренева система світчграсу може сягати до 3 м в глиб. Протягом довгого часу в Африці та Америці світчграс застосовувався для консервації земель та у вигляді кормової культури. Сьогодні його вирощують з метою попередження ерозії ґрунтів та для сталості природних умов. У Європі – у вигляді декоративних рослин.

Світчграс може рости на різних типах ґрунтів, він є не вибагливим до кількості поживних речовин і вологи в ґрунті та володіє позитивним впливом на навколишнє середовище. До переваг світчграсу необхідно віднести: незначну потребу у використанні пестицидів, попереджає утворенню ерозії ґрунтів, сприяє збереженості природних умов і створює передумови покращення якості ґрунтів. Знижується величина використання пестицидів і ерозія на 90 та 95 %, відповідно. Є можливість використовувати земельні угіддя, що непридатні для ведення сільського господарства. Високий показник стійкості рослин до хвороб і шкідників. Низька собівартість і незначні ризики при вирощуванні, вимагає незначних капіталовкладень, при цьому дає високу врожайність біомаси навіть на непродуктивних землях. Продуктивність світчграсу зростає поступово із менше ніж 2 т/га у перший рік вирощування до 12 т/га – другий і до 18 т/га – у третій рік вирощування.

Світчграс володіє складовими, типовими для біопаливної біомаси: близько 6 % водню, 43 % кисню та 50 % вуглецю. Рослини містять високий процент золи – 4 ... 6 %, це пояснюється високим вмістом листової маси. Відносно низький вміст натрію та калію разом із підвищеною кількістю магнію та кальцію у біомасі дозволяють отримати вищу температуру згоряння, що, в свою чергу, знижує ймовірність шлакування в процесі спалювання. Собівартість вирощування світчграсу в різних державах є різною 24 – 62 євро/т сухої біомаси.



**Верба** (*Salix L.*) – рід кущів, напівкущів або дерев родини вербових (*Salicaceae*) (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Верба біла

Енергетична верба, як правило, є густорослою, висотою до 5 – 6 м і володіє великою кількістю пагонів. Характеризується достатньо легким розмноженням за допомогою вегетативних пагонів. Вербові насадження залишаються продуктивними протягом 25 – 30 років, а біомасу на протязі даного періоду можна збирати через кожні три-чотири роки. Продуктивність верби становить до 30 – 40 т сухої деревної біомаси з 1 га в рік.

Позитивним моментом є те, що насадження верби є стійкі до посухи та морозів, до хвороб і шкідників, можуть вирощуватися на землях різного типу у ярах, на пагорбах, із підвищеним рівнем ґрунтових вод, у заболочених районах, що дозволяє забезпечити добре водопостачання, на непродуктивних угіддях, що вимагають рекультивації, іншими словами на

угіддях, які є непридатні для ведення сільськогосподарської діяльності. Деревину верби застосовують для виготовлення паливних брикетів (пеллет) для подальшого їх спалювання. 1 т верби 40 % вологості дозволяє отримати 1 Гкал тепла, у той час як таж кількість сировини при вологості 15 % дозволяє одержати – 2 Гкал.

Верба володіє великим потенціалом продуктивності, особливо у низинах та на родючих землях, що мають добре водозабезпечення. Також великим потенціалом володіють енергетичні плантації на земельних угіддях, що не використовуються взагалі або використовуються неефективно.

Площі повинні бути придатними для механізованого ведення робіт, зокрема для механізованого збирання урожаю в зимовий період. Вирощування енергетичної верби дозволить створювати нові робочі місця, а також забезпечувати роботою робітників протягом зимового періоду. Необхідно відмітити, що енергетична верба у змозі забезпечити вирішення не лише енергетичних, а й низки екологічних проблем, які пов'язані з очисткою стічних вод.

Нижчий показник теплотворної здатності абсолютно сухої деревини верби, у порівнянні із іншими породами деревини, становить близько 18 МДж/кг абсолютно сухої речовини. У порівнянні з іншими породами, деревина верби достатньо легка. Разом із відсутністю будь-яких шкідливих речовин які виділяються у процесі згоряння, верба має відносно високу тепловіддачу, так 1 т деревини може замінити приблизно 700 кг бурого вугілля чи 500 м<sup>3</sup> природного газу. Біомасу, що отримується, може бути використана у вигляді як первинного палива (спалювання деревини) або вторинного (деревний газ, біометанол).

Збір верби проводять після завершення вегетаційного періоду, з жовтня-листопада по березень-квітень, однак переважно це проводиться у зимовий період. Протягом перших двох років зібрану вербу використовують у вигляді садивного матеріалу, а далі – на біомасу.

Діаметр стовбура верби перебуває в межах 10 – 12 мм. Перший збір проводять через три-чотири роки з моменту висадки, коли рослина досягає 5 – 6 м в висоту. Наступного року після збирання верба відростає ще раз. Збір урожаю верби проводиться використовуючи звичайні силосозбиральні комбайни, потім її подрібнюють і виготовляють паливні брикети (пеллети).

**Тополя** (*Populus*) – швидкоросле світлолюбне дерево, деякі екземпляри ростуть по 120 – 150 років. Нараховується близько 150 видів, з яких в Україні – 11. Найбільш поширеними є: осика або тополя тремтяча (*P. tremula* L.), осокір або тополя чорна (*P. nigra* L.), тополя бальзамічна (*P. balsamifera* L.), тополя пірамідальна (*P. pyramidalis* Moench), тополя біла (*P. alba* L.), тополя канадська або дельтолиста (*P. deltoides* Marsch.). Тополі широко застосовуються при озелененні міст і у полезахисних лісових насадженнях, деякі види вирощуються як декоративні.

Деревина тополі є м'якою, легкою, білою, її використовують у будівництві, при виробництві паперу, сірників, фанери, штучного шовку.

Тополя є близьким родичем верби (родина вербові (*Salicaceae*). Аналогічно до верби, у Західній Європі її вирощують на паливо. У наших кліматичних умовах у порівнянні із іншими породами дерев тополя має найбільший приріст. Для росту тополі потрібна велика кількість вологи та світла. У зв'язку з цим найбільшим виходом біомаси будуть мати земельні угіддя у долинах річок.

Вимогливість тополі до кислотності ґрунту подібна до такого ж показника для верби, тобто оптимальний рівень рН=6,5-7,2.

Тополлю досить давно використовують як енергокультуру з огляду на її швидкий ріст та стійкість до шкідників і можливість вирощування на бідних ґрунтах. Здебільшого вона не потребує застосування пестицидів та добрив. Виявлена можливість її вирощування на забруднених землях.

Останнім часом, у зв'язку з порівняно швидким ростом та утворенням біомаси, насадження тополі все активніше використовують в

якості регенеративного джерела енергії для виробництва біопалива. Її деревина досить легка, широко використовується в технічних цілях.

Чотири кубометри деревини замінюють 1000 м<sup>3</sup> газу. Таке біопаливо обійдеться державі майже вчетверо дешевше. Тополя вбирає в себе велику кількість вуглекислого газу, завдяки їй можна отримати прекрасне екологічно чисте паливо. Шкідливі викиди, порівняно з дизельним паливом, скоротяться на 90%. У промислових насадженнях вихід сухої маси тополі становить до 6-12 т/га. Насадження тополі залишаються продуктивними до 15-20 і більше років, а біомасу протягом цього періоду можна збирати через кожні три-шість років.

Подібно до інших енергетичних рослин, наприклад міскантусу та світчграсу, тополя також може рости на малородючих ґрунтах, непридатних для виробництва продуктів харчування, зводячи до мінімуму конкуренцію між біоенергетичними і продовольчими культурами.

В енерголісництвах використовують вербу *Salix*, яка зазвичай густа й виростає до 5-6 м заввишки та має велику кількість паростків. Насадження верби залишається продуктивним протягом 25-30 років і у цей період урожай може збиратися через кожні 3-4 роки. Після кожного збирання, нові паростки зі зрізаних стебел утворюють новий гай. Після цього часу (приблизно 25 років) вербу викорчовують, а землю використовують для вирощування інших рослин або влаштовують ще один енергогай.

З 2001 по 2005 р. в Італії було закладено 20 плантацій в різних регіонах країни. Перші насадження були створені для освоєння ґрунтів. Згодом з'явилася можливість збору врожаю механічним способом. Густина насаджень була 10 000 саджанців на гектар в одинарному й подвійному ряду. У центральній частині Італії тополя виявилася продуктивнішою, аніж верба, оскільки паростки верби є чутливіші до літньої засухи. У північній частині країни краща врожайність була досягнута на вербових плантаціях 19 т/га сухої маси, у той час як урожай тополі склав 17 т/га.



Верба може рости на ґрунтах різного типу. Типи ґрунтів, що забезпечують хороше водопостачання є найбільш прийнятними. Легкі ґрунти без зрошення можуть призвести до нестабільної заготівлі, де коріння верби може блокувати дренажні системи. Приблизно 15-20 тис. однорічних вербових прутиків висаджується весною на 1 гектар. Прутики довжиною 20 см втикаються машиною прямо в землю, так, що залишається декілька сантиметрів над поверхнею. Також існує новий метод посадки шляхом горизонтального розподілу матеріалу, порізаного на прутики довжиною 20 см, і після цього внесення його в канавки в ґрунті. Новий метод показав, що таким шляхом витрати на посадку можуть бути зменшені на 50%. У першу зиму після посадки, паростки можуть бути обрізані до висоти 5-8 см з метою стимуляції кількості пагонів. Обрізка вважається корисною в рідких деревостоях.

Густа і дуже глибока коренева система верби придатна для поглинання поживних речовин та важких металів, що містяться в осаді стічних вод. Таким чином, порівняно з деревинною тріскою паливо міститиме відносно більше азоту та кадмію. За ідеальних умов спалювання основна частина азоту вивільнюватиметься у вигляді  $N_2$ , а важкі метали залишаться в попелі. Це є важливою попередньою умовою для підтвердження того, що використання осаду січних вод для вирощування енергетичної верби буде сприятливим.

Досліди показали, що довготривале зберігання трісок верби має певні труднощі. Це відбувається тому, що їх вологість сягає 50-55%. Тривале зберігання краще всього організовувати, якщо верба не подрібнена, а зберігається у вигляді цілих паростків. Проте такий спосіб є більш дорогим. Інший метод полягає в зберіганні деревинної тріски в повітронепроникній ізоляції, де без доступу кисню розщеплення не відбувається.

Тріски верби не сильно відрізняються від інших типів деревинної тріски, але можуть містити більше кори та вологи. Нижча теплотворна

здатність абсолютно сухої верби не відрізняється від інших порід деревини і складає приблизно 18 МДж/кг абсолютно сухої речовини. Порівняно з більшістю інших порід, деревина верби достатньо легка. Це означає, що вага нещільного кубічного метра тріски верби значно менша, скажімо, за вагу тріски берези, що є важливим для визначення об'ємів палива, які теплова станція повинна переробити, щоб забезпечити ту ж саму кількість тепла.

Вирощування швидко зростаючих плантацій енергетичних культур неможливо порівнювати з традиційним лісовим чи сільським господарством. Культури виявляються достатньо новими і відповідно вносять нові проблеми. Питання про збір врожаю піднімалося ще 15 років тому, коли випробовувалися ручні системи, традиційне лісозаготівельне обладнання та модифіковані сільськогосподарські машини, однак ці експерименти не мали великого успіху.

Для виробництва енергії із біомаси швидкозростаючих культур використовуються різні збиральні системи. Як правило така система складається з п'яти основних вузлів: рубка, первинне транспортування, обрізання гілок та кори, подрібнення, вторинне транспортування трісок. Деякі з цих операцій можуть бути поєднані в одну групу, роблячи тим самим систему компактнішою, а затрати нижчими.



Рис. 2.5. Енергетичні плантації верби.

Харківські аграрії вперше в Україні почали сіяти міскантус. Перший врожай у 200 т планується зібрати вже через три роки. Суху біомасу планується переробити на паливні гранули й використовувати для спалювання на ТЕС замість вугілля та мазуту, а також продавати як біологічне паливо в супермаркетах та експортувати за кордон.

Великий потенціал організації енергетичних плантацій (верба, тополя, міскантус тощо), спеціально вирощеної на землях, які нині не використовують (землі, що піддалися радіоактивному забрудненню до 15 Кі/км<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs – 555 кБк/м<sup>2</sup>) або використовують в Україні неефективно, посприє підвищенню частки біомаси в енергетичному балансі країни до 20-25%. Адже в зоні радіоактивного забруднення обмежено вирощування продовольчих культур, а відтак є можливість замінити їх культурами енергетичними. Дослідження засвідчили, що рослини міскантусу накопичують незначну кількість цезію-137, що близька до значень коефіцієнтів переходу у зернові культури.

**Борщівник** (лат. *Heracléum*) - рід рослин сімейства Зонтичні, що нараховує приблизно 60-70 видів, поширених в помірному поясі Східної півкулі (один вид - в Північній Америці).

Різні види борщівника вирощуються як декоративні рослини, частина - як силосні на корм худобі, деякі придатні в їжу і людині. Борщівник - переважно дворічні, рідше багаторічні трави. Стебла у різних видів підносяться на різну висоту - від 20-50 см до 250 см; як правило, вони порожні, з рідкісним опушенням або опушені по всій довжині (у північних видів).

Листя зібрані в прикореневу розетку, довгочерешкові, дуже великі; можуть бути трійчасті-, двічі трійчасті-або перисто-роздільними, з сегментами різної форми. Урожайність зеленої маси досягає 250 т з 1 га. Невимогливий до ґрунту, виключно при придатний для культивування на енергетичну біомасу.

**Соняшник звичайний** (лат. *Helianthus annuus*; рос. *подсолнечник однолетний*) – рід рослин родини Айстрових.

Охоплює близько 110 видів. Поширена технічна і сільськогосподарська культура, широко культивується на півдні України; основна олійна культура України. Соняшник - мексиканська «квітка сонця». З Північної Америки (де соняшник був дикоростучою рослиною) в Європу рослина завезена іспанцями в 1619. В Україні з'явився у середині 18 ст.

В Європі соняшник обробляли як декоративну рослину і орієнтовно з 1860 рр. з нього почали добувати олію.

Соняшник – цінна культура у плодозміні. Медонос. Є й декоративні форми соняшника. Коренева система сильно розвинена. Висота стебла здебільшого 120-150 см, іноді 2-2,5 м, пряме, з губчастою серцевиною. Листки великі, овально-серцевидні, черешкові. Нижні листки супротивні, решта - чергові.

**Щириця** (щариця) або амарант (*Amaranthus*) – рід трав'янистих однорічних рослин родини Амарантові. Відомо 55 видів; в Україні – 9, бур'яни: Щириця звичайна (*A. retroflexus*) – бур'ян переважно просапних культур; Щириця лободовидна (*A. blitum*) – бур'ян городів, садів; Щириця біла (*A. albus*) росте на узбіччях доріг, насипів; Щириця розлога (*A.-нт розлогий*) (*A. oesberg*) Однорічна красива рослина, висотою 70-80 см. Період цвітіння 8 тижнів. Суцвіття довгі червоного кольору. Характеризується лікувальними і вітамінними властивостями.

**Капуста** (*Brassica*) – рід рослин з родини гірчичних (*Brassicaceae*). Рослини цього роду можуть бути колективно відомі як капустяні або як гірчичні. Цей рід видатний тим, що містить більше важливих сільськогосподарчих та садових культур, ніж будь-який інший рід. Він також містить низку бур'янів, включаючи 30 диких видів і гібридів. Більшість з них є однорічними або дворічними рослинами, але деякі є малими чагарниками. Майже всі частини тих чи інших видів були

пристосовані до вживання у їжу, включаючи коріння (бруква, ріпа), стебла (кольрабі), листя (капуста білоголова, капуста червоноголова, брюсельська капуста), квіти (капуста цвітна, брокколі) та насіння (серед інших – гірчиця і ріпак). Деякі форми, з білими або пурпуровими квітами, вирощують у декоративних цілях. Урожайність сирої фітомаси досягає 60 – 140 т/га, в залежності від сорту, завдяки високому вмісту вуглеводів досконало надається до переробки на спирт чи метан.

**Очерёт звичайний** (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) (латинська назва *Phragmites communis* Trin., від грецького слова «Phragma» - тин, паркан). Місцеві назви – очерет. Трав'яниста багаторічна блакитнувато-зелена рослина родини злакових (0,8-4 м заввишки).

Ця рослина дає будівельний матеріал, целюлозу; плетивна, кормова, вітамінозна, харчова, лікарська і фітомеліоративна рослина.

Очерет використовують як покрівельний матеріал, а також плетуть з нього стіни і перегородки в невеликих господарських будівлях, тини, плотики для переправи через тихі протони в дельтах річок і багато інших виробів. Шляхом хімічної та фізико-хімічної переробки з очерету можна одержувати високоякісні сорти паперу, текстильну віскозу, кормові білкові дріжджі, фурфурол, спирт, глюкозу та інші продукти гідролізу.

**Топінамбур** або **земляна груша** (*Helianthus tuberosus*) – бульбоносна рослина родусоняшників родини айстрових (Asteraceae). У дикому вигляді рослина зустрічається в Північній Америці від штату Мен на захід до Північної Дакоти та на південь до північної Флориди і Техасу. Її бульби їстівні, вона вирощується як кормова, технічна і харчова рослина. Топінамбур – багаторічна трав'янистарослина висотою близько півтора метра (іноді до чотирьох метрів) з прямим опушеним стеблом, яйцеподібним листям і жовтими суцвіттями. Урожай бульб досягає 400 ц/га і більш, зеленої маси – 600 ц/га.

**Козлятник лікарський** (лат. *Galega officinalis* L.) – Багаторічна трав'яниста рослина заввишки до 40 –90 см, рідше до 1,5 м. Корінь

стрижневий, з коротким багатоголовим кореневищем. Стебла численні, прямостоячі, гіллясті, густо вкриті листям, вкриті голі розсіяними волосками. Росте на вологих суглинистих ґрунтах, особливо добре почуває себе на деградованих ґрунтах. Росте на берегах річок, по чагарниках, на вологих місцях і узліссях у горах Криму, на солонцях у пониззі Дніпра, зрідка – на Лісостепу і в степових районах Правобережжя.

**Сорго** (*Sorghum*) – одно- та багаторічних рослин родини тонконогових (Poaceae), що охоплює до 50 дикоростучих і культурних видів. Стебло прямостояче, заввишки від 0,5 (карликові форми) до 7 м (тропічні форми), сухе при дозріванні (у більшості сортів зернового і веничного сорго) або соковите (у цукрового сорго). Сорго відрізняється легкою пристосовністю до ґрунтових і кліматичних умов, теплолюбиво, посухостійке, добре переносить підвищену концентрацію солей в ґрунті.

**Кукурудза** (лат. *Zea mays L.*) – вид поширених однорічних трав'янистих рослин родин и злакових, що має грубе високе стебло та їстівні зерна, зібрані в качан. Це одна з найвисокопродуктивніших злакових культур універсального призначення. Кукурудза звичайна; маїс; існують також малопоширені діалектні назви цієї культури, У більшості країн кукурудза зветься «маїс». Кукурудза – одна з найважливіших сільськогосподарських культуру світі. В основному її вирощують на зерно і для виробництва кормів. Останнім часом збільшилась її частка у виробництві біопалива та біогазу.

**Турнепс**, кормова ріпа (лат. *Brassica campestris L. var. rapa*) – дворічна кормова рослина родини хрестоцвітих.

Вирощують заради м'ясистих коренеплодів майже в усіх хліборобських районах земної кулі, гол. в нечорноземній смузі, у тому ч. й в Україні. Врожайність до 70 – 80 т з га; поширений сорт – Волинський ранній круглий.

**Ріпак, рапс** (лат. *Brassica napus L. var. oleifera Metzg.*) – однорічна олійна рослина родини хрестоцвітих. Існують 2 форми: ріпак ярий (кольза)

і ріпак озимий, який має основне значення. Насіння ріпака містить 48 – 52 % олії, що її використовують у лакофарбовій, миловарній, харчовій (маргариновій) та інших галузях промисловості. Макуху після пропарювання згодують худобі. Останнім часом поширеним стало використання ріпакової олії як сировини для виробництва біодизелю. В насінні ріпака міститься 35-50 % жиру, 19-31 % добре збалансованого за амінокислотним складом білка, 5-7 % клітковини.

**Береза** (*Betula*) – рід дерев родини березових (*Betulaceae*) з гладенькою білою корою, при основі стовбура кора чорно-сіра, глибокотріщинувата. Квітки одностатеві, рослина однодомна. Загальна кількість видів – близько 60. Найбільш розповсюджений у нас вид – береза повисла – невибаглива швидкоростуча порода – «піонер», цілком придатна для культивування на енергетичну фіто масу. Широко поширена лісовими породами, що формує дрібнолисті ліси по всіх кліматичних зонах, крім тундри, а проте березові ліси по здебільшого не є корінними, а виникають на місці зведених лісів, в першу чергу хвойних. Найчастіше пов'язана з бідними, добре дренованих ґрунтами. Так як береза світлолюбна, легко витісняється більш довгоживучими і великими деревами, в багатьох випадках присутня в лісах тільки як домішка, за більш світлим ділянкам.

При сприятливих умовах досягає 25-30 м у висоту і до 80 см в діаметрі. Коренева система берези сильно розвинена, але проникає в ґрунт неглибоко, тому дерева нерідко піддаються вітровали. Кора у молодих дерев коричнева, а з 8-10 років біліє. Молоді особини можна сплутати з видами вільхи. У дорослому стані добре відрізняється від інших дерев по білій корі. У більш старих дерев кора в нижній частині стовбура стає глибокотрещіновата, чорна. Деревина жовтувато-біла, щільна і важка. Гілки голі, покриті численними густоросипчатими смолистими залозками-бородавочками (звідси і виникли назви береза бородавчаста і береза плакуча). Завдяки високій теплотворності цінується як хороше паливо.

**Біла акація** - *Robinia pseudoacacia* L. («робінія звичайна», «робінія псевдоакація», або «колюча акація») – дерево родини бобових, світлолюбне, до 35 м заввишки, проріджене дерево, що пізно розпускається, з коричневою корою з глибокими тріщинами. Квітки білі, 2 см в довжину, в червні, в густих кистях завдовжки 10-20 см, сильно запашні. Робінія псевдоакація – найрозповсюдженіший в Україні вид, який використовується, передусім, на півдні для озеленення та захисних насаджень. У себе на батьківщині в Східній частині Сполучених Штатів Америки росте невеликими групами або окремими екземплярами у листяних лісах. Біла акація – медоносна, лікарська, фарбувальна, ефіроолійна, танідоносна, деревинна, декоративна й фітомеліоративна рослина. Деревина робінії темного кольору, поцяткована жовтуватими крапками, міцна, добре полірується; з неї виробляють меблі, дрібні столярні вироби або використовують на паливо. Дрова білої акації горять добре і довго утримують тепло.

Енергетичні рослини впливають на екологію і довкілля наступним чином:

- один гектар плантацій енергетичних рослин поглинає з повітря понад 200 тон CO<sub>2</sub> за 3 роки;
- ідеально підходять для засадження забруднених земель, малопродуктивних, з точки зору, вирощування сільськогосподарських культур;
- ефективно застосовуються у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів збагачують ґрунти мінералами та мікроелементами, поживними речовинами природного походження;
- плантації енергетичних рослин є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств;



- енергетичні рослини є природними фільтрами для очищення ґрунтів від пестицидів.

Отже, для України проблема подолання дефіциту енергоносіїв, а також необхідного та своєчасного енергозабезпечення набули особливої уваги, тому її розв'язання потребує пошуку альтернативних шляхів енергозабезпечення. Використання енергетичних рослин слід вважати стратегічним напрямом вирішення паливно-енергетичних проблем.

## **Висновки до II розділу**

Багато років людство використовувало різні види енергії, при споживанні якої не наносило шкоду навколишньому середовищу. До таких видів енергії відноситься хімічна енергія деревини, потенціальна енергія води, кінетична енергія вітру і енергія сонячних променів. Але, починаючи з XIX століття, головним джерелом енергії стають викопні види палива, а саме нафта, вугілля та природний газ. З метою максимізації прибутку, підприємці збільшують обсяги споживання енергії, що в свою чергу обумовлює підвищення показників енергоємності виробництва. Середньосвітовий показник енергоємності складає 0,34, а в Україні він у 2,6 рази більший ніж у розвинутих країнах. На сучасному етапі склалася ситуація, яка потребує мінімізації обсягів використання викопного палива з двох причин: по-перше, запаси палива лімітовано, а по-друге, виробниче споживання палива обумовлює забруднення навколишнього середовища.

В першу чергу це відображається на економічних показниках діяльності підприємств, а це дефіцит природних ресурсів, що призводить до підвищення ціни енергоносіїв, собівартості продукції і зниженню її конкурентоспроможності, збільшення обсягів щодо викидів в атмосферу, скидів у водні ресурси та розміщення відходів у навколишньому середовищі обумовлює підвищення суми зборів за забруднення довкілля,

яку підприємство сплачує до бюджету, збільшуючи таким чином собівартість продукції.

Отже, зниження енергоємності виробництва є еколого-економічною метою як на державному рівні, так і для окремого підприємства. Забезпечення енергоресурсами є важливим стратегічним моментом ефективного розвитку держави. Тому виходом з екологічної та енергетичної кризи, що утворилась в Україні, є використання відновлювальних джерел енергії. Поняття «енергетичні рослини» охоплює багато різних видів культур, які можуть давати великі прирости біомаси за відносно короткий період часу. До них належать такі рослини, як Вербя прутовидна (*Salix viminalis*), Сіда багаторічна (*Sida hermaphrodita*), Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum*) Сильфій пронизанолистий (*Silhium perfoliatum*). «Зелене паливо» - так інколи називають палива рослинного походження, сировиною для отримання якого є «зелена» біомаса. Проте, чим більше говорять про біоенергетику, тим частіше під поняттям "біопаливо" розуміють рідкі біопалива (біодизель, біоетанол і метанол) та забувають про тверді та газоподібні. Однак не меншої уваги заслуговують біогаз, синтез-газ, піролізні рідини, відходи сільськогосподарської та побутової продукції, залишки від переробки деревини. Саме енергетичні рослини, які вирощуються для отримання енергії чи палива, в найближчому майбутньому створять конкуренцію газу чи дизелю.

## РОЗДІЛ III.

# ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 3.1. Використання біоенергетичних технологій

Під біоенергетикою розуміють використання енергії біомаси, іншими словами органіки, що утворюється за допомогою фотосинтезу. Паливо, що має рослинне походження, сировиною базою для якого служить біомаса називають інколи «Зеленим паливом». Однак, останнім часом, при згадуванні біоенергетики, під поняттям «біопаливо» розуміють лише рідкі види біопалива (біоетанол, біометанол і біодизель), забуваючи про газоподібні та тверді види – синтез-газ, біогаз, піролізні рідини, залишки сільськогосподарської продукції, відходи деревопереробки. А енергетичні рослини, що вирощуються з метою одержання енергії або палива, найближчим часом складуть конкуренцію дизелю та газу. До таких рослин, як вже відмічалось у 2 розділі, відносяться: енергетична верба, багаторічні трави, тополя, ріпак, цукрова тростина, пшениця, соя, кукурудза, соняшник, льон і інші).

Використання біоенергії не є щось нове. Люди почали використовувати енергію біомаси з метою приготування їжі, одержання тепла, у різного роду технологічних процесах, ще з моменту, як навчилися добувати вогонь.

Перші випадки застосування примітивних біогазових установок були відмічені в Індії, Китаї, Ассирії та Персії, ще у XVII столітті до н. е. Однак наукові дослідження отримання біогазу почалися майже через 3,5 тисячі років лише у XVIII столітті н. е..

Технологія отримання біогазу є надзвичайно простою: сміття, гній, листя, соломку скидають у бетонну ємність або колодязь довільного об'єму. Газ, що утворюється під час бродіння, відводиться в приймальну камеру чи безпосередньо до джерела споживання. Такого роду установки працюють у

багатьох державах. Перші сучасні біогазові установки були створені ще до формування наукових основ щодо метаногенезу. У Бомбеї (Індія) – 1900 рік. У 1918 році аналогічне обладнання появляється у Німеччині, в 1928 році – в Англії, у 1930 році – у США. В Радянському Союзі перші біореактори запустили в дію у Латвії (1949 р.). В Україні у 1959 році відбулося запуск першого біореактора у Запоріжжі. Широкого розповсюдження одержання біогазу набуло за рахунок сімейного та громадського в Китаї – у 1978 році там діяло, на той час, понад 7 млн. біогазових установок. Окрім сімейних і громадських, у Китаї працює ще близько 600 середніх і великих установок, що працюють на відходах птахівництва та тваринництва, а також виноробного та спиртового виробництва. Широко є поширеним отримання енергії використовуючи біогазові установки у Данії, Австрії, Великій Британії, Швеції, Італії, Нідерландах.

Близько 44 % сучасних біогазових установок знаходиться в Європі, 14 % – у Північній Америці. Біомаса у вигляді джерела енергії може бути використаною під час прямого спалювання соломи, деревини, сапропелю (органічні донні відкладення) та у переробленому виді як газоподібне чи рідке паливо. Перетворення біомаси у енергоносій може проходити за допомогою хімічних, фізичних і біологічних методів; саме останні є найперспективнішими.

На нашу думку, саме біоенергетика є вибором, який володіє глобальною перспективою і домінуючим значенням у подальшому успішному розвитку людства. Подолання наявних, а також запобігання можливим майбутнім екологічним проблемам є не можливо без використання новітніх біотехнологій направлених на отримання біогазу й водню із органічних відходів, мікробіологічну деструкцію ксенобіотиків, використання біотестування та біоіндикації в процесі екологічного моніторингу.

Екобіотехнології носять міждисциплінарний характер, вони утворилися як результат перетину інтересів, методів і підходів прикладних аспектів екологічних наук, класичних і новітніх біотехнологій. Іншими словами це технології, які використовують у своїх процесах живі організми чи їх елементи та направлені на покращення, захист і відновлення природного навколишнього середовища. Перевага використання екобіотехнологій у порівнянні із традиційними хімічними та фізико-хімічними природоохоронними заходами є очевидними. Біоенергетика є невід'ємною складовою екобіотехнологій. Застосування біоенергетичних методів під час розв'язанні екологічних і енергетичних проблем суспільства є можливим і доцільним.

До найефективніших технологій застосування біомаси у біоенергетиці належать: газифікація; піроліз; пряме спалювання; анаеробна ферментація із виділенням метану; виготовлення спиртів та масел для виробництва моторних палив. Технології застосування біомаси проходять постійне вдосконалення, забезпечуючи, тим самим, одержання енергії у необхідній для використання формі та із максимальною, наскільки це можливо, ефективністю.

Загалом, із органічних відходів, енергія одержується хімічним, фізичним або мікробіологічним методом. Основою хімічних методів є застосування процесів газифікації та піролізу. Фізичні методи отримання енергії полягають у спалюванні органічних відходів.

Найбільш розповсюдженими у світі є мікробіологічні методи безвідходного виробництва – одержання біогазу за рахунок анаеробного зброджування. Надзвичайно цінним побічним продуктом при виробництві біогазу є одержання високоякісного органічного добрива.

На рисунку 3.1 показано класифікацію технологій із процесом поетапного перетворення біомаси в енергетичний продукт.

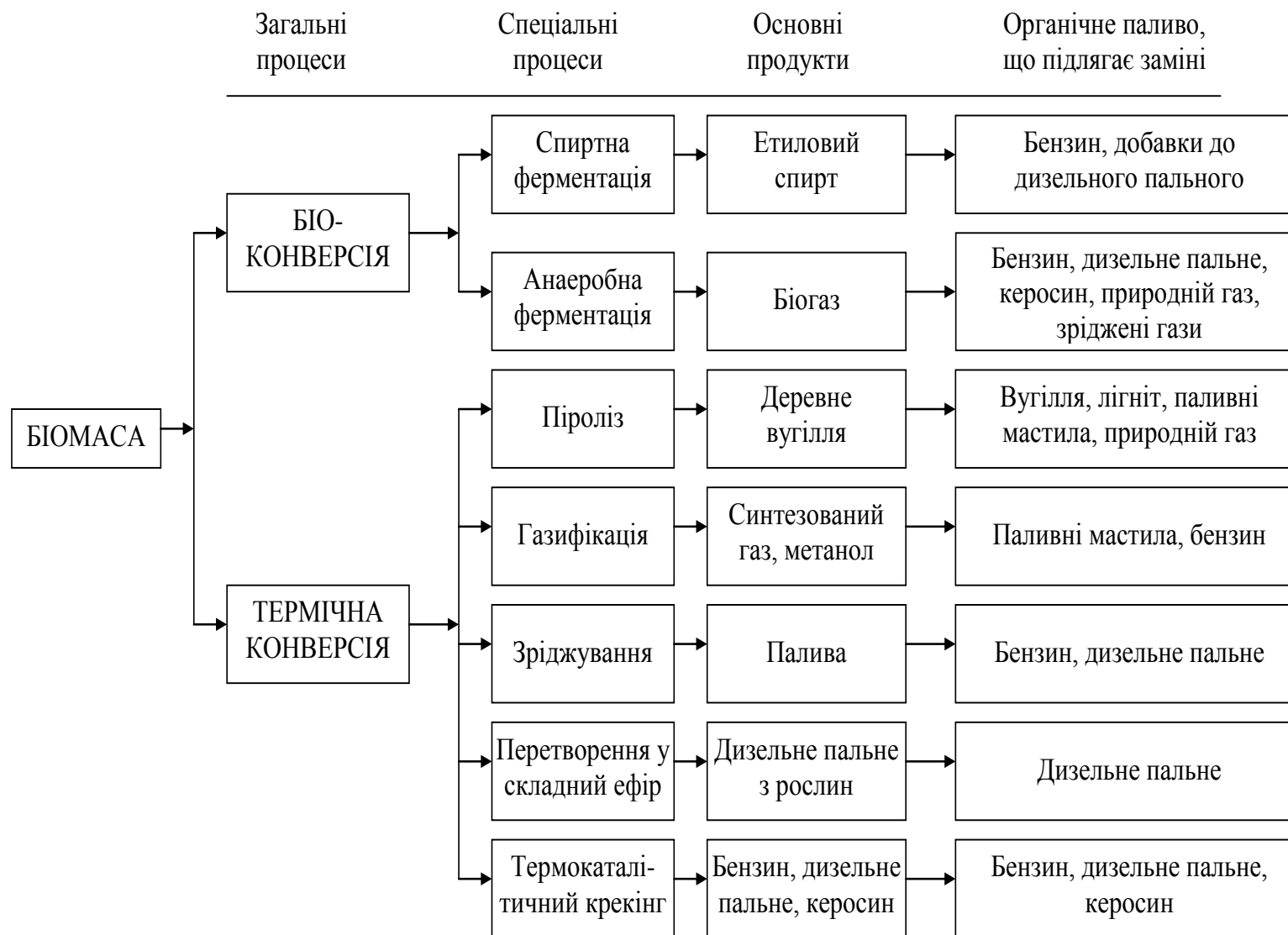


Рис. 3.1. Класифікація технологій із процесом поетапного перетворення біомаси в енергетичний продукт

Метод прямого спалювання є одним із найстаріших методів одержання теплової енергії. Але, необхідно зазначити, що є низка проблем в процесі його практичного використання, головною з яких є забезпечення максимально повного спалювання палива, результатом чого є утворення діоксину вуглецю та води, що наносить шкоду навколишньому середовищу. До устаткування, яке застосовується при прямому спалюванні біомаси, належать камери згоряння, топки, печі. Біомасу можна використовувати для прямого спалювання в енергетичних установках у факелі, киплячому чи ущільненому шарі із наступним одержанням електричної та теплової енергії. Головною промисловою технологією даного методу є пряме спалювання у котлі та генерація електроенергії у паротурбінних установках.

Піроліз – це хімічне трансформація одної органічної сполуки в іншу за рахунок дії тепла без доступу окислювачів (повітря, кисню). Піроліз ще називають сухою перегонкою. Розроблена низка техпроцесів проведення піролізу біомаси, технічні характеристики кожного із них залежать від природи сировини, методів переробки та заданих продуктів виробництва. Характеристики продуктів піролізу залежать від виду сировини та умов за яких проводиться процес. До основних продуктів піролізу належать паливна рідина, вуглиста речовина, паливні гази. У більшості випадків техпроцес має на меті одержання одного певного виду продукту піролізу.

Газифікація біомаси – це трансформація твердих біомасних відходів у горючий газ за рахунок неповного їх окислення окислювачем (киснем, повітрям, водяною парою) за високої температури. Газифікацію можна проводити практично будь-якого палива, результатом чого є одержання генераторних газів, які володіють значним діапазоном застосування – як палива для одержання теплової енергії, у різних технологічних процесах промисловості, в побуті, як паливо для двигунів внутрішнього згоряння, у вигляді сировини для одержання аміаку, водню, метилового спирту та синтетичних рідких палив. Хоча, на сьогоднішній день, існує велика

кількість методів газифікації, усім їм характерна одна і та ж сама реакція (рис. 3.2).

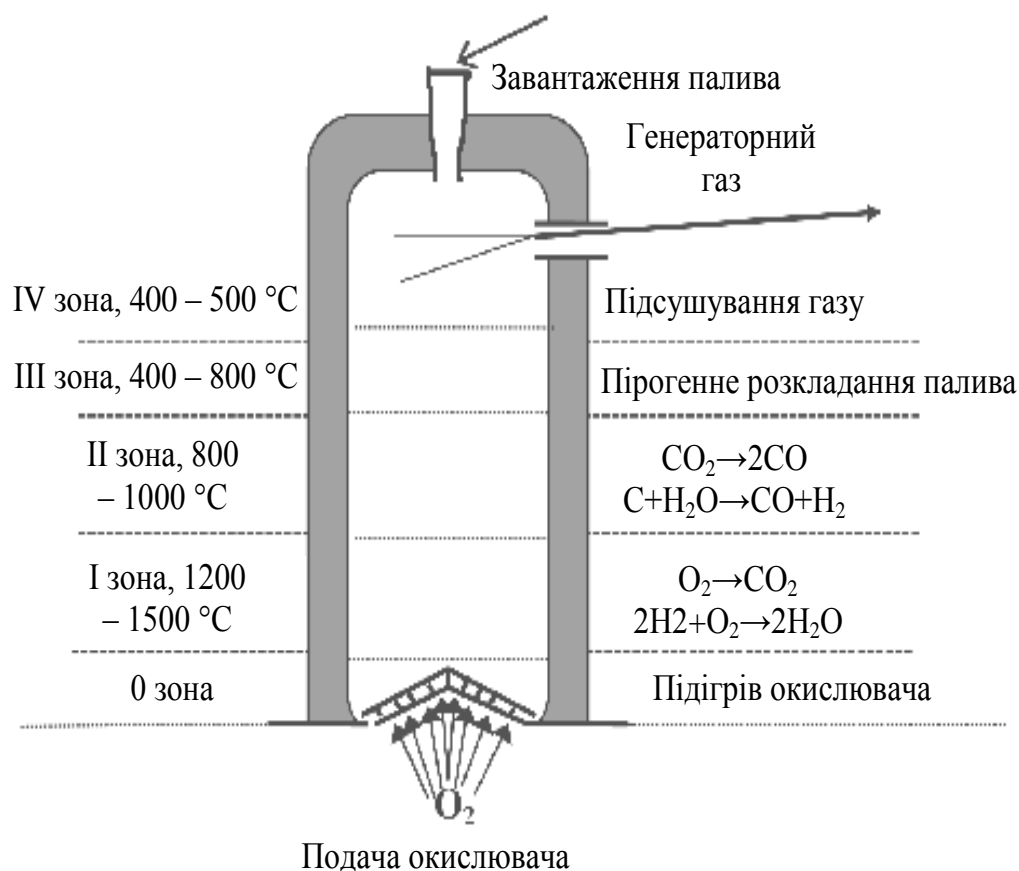


Рис. 3.2. Газифікація біомаси

Газифікатори володіють різною продуктивністю та різним показником енергії у паливних газах. Низькокалорійний газ можна одержати провівши газифікацію різних типів біомаси – відходів лісової промисловості, органічних складових твердих міських відходів, відходів сільськогосподарського виробництва. Найбільш ефективним є застосування газифікаційних установок на парогазових і газотурбінних електростанціях.

Процес анаеробної ферментації – це процес розкладу складних органічних речовин на  $\text{CH}_4$  та  $\text{CO}_2$  із утворенням біогазу який складається із метану та вуглекислого газу, при цьому доля метану може становити до 70 %. Процес бродіння біомаси проходить без подання кисню у спеціальних реакторах-метантенках, конструктивні особливості яких



забезпечують максимальне отримання метану. Особливо важливо щоб підчас процесу анаеробного зброджування були забезпечені оптимальні технологічні умови у реакторі-метантенку: подача кисню, температура, допустиме значення рН, достатня концентрація живильних речовин, відсутність або низька концентрація токсичних речовин.

Найефективнішими вважають біореактори, які працюють у термофільному режимі (43 – 62 °С). У такого роду реакторах із триденним процесом ферментації гною отримують 4,5 л біогазу на кожен літр корисного об'єму установки.

Порівняння енергетичних показників традиційних енергоносіїв із біогазом представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняння енергетичних показників традиційних енергоносіїв із біогазом [9]

Продукт	Одиниці вимірювання	Еквівалент 1 м <sup>3</sup> неочищеного біогазу 23 МДж/м <sup>3</sup>	Еквівалент 1 м <sup>3</sup> очищеного біогазу 35,2 МДж/м <sup>3</sup>
Електроенергія	кВт·год	0,62	0,94
Природний газ	м <sup>3</sup>	0,61	0,93
Вугілля	кг	0,82	1,25

Сучасні біогазові анаеробні установки (рис. 3.3) складаються із наступних основних систем:

- система підготовки та завантаження сировини у біореактор;
- метантенка (біореактора);
- система зберігання та подачі біогазу до джерела споживання;
- система вивантаження та переміщення шламу.



Рис. 3.3. Зовнішній вигляд сучасної біогазової установки

Схему найпростішої біогазової анаеробної установки для індивідуальних господарств показано на рисунку 3.4.

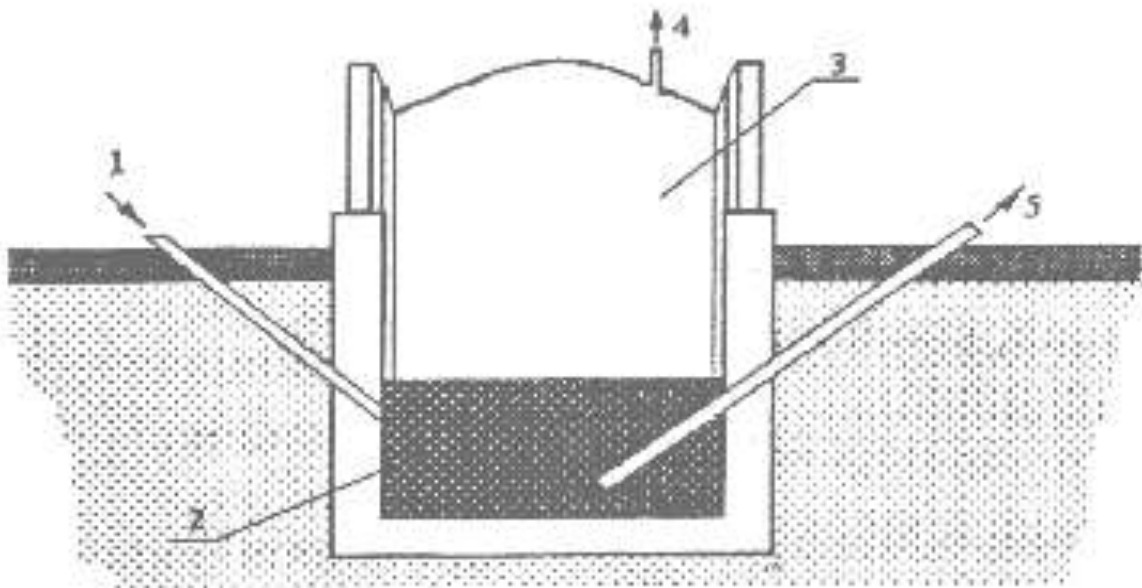


Рис. 3.4. Принципова схема найпростішої анаеробної установки для індивідуальних господарств [28]:

1 – приймальний пристрій; 2 – метантенк (біореактор); 3 – простір для збирання біогазу; 4 – патрубок, з'єднуючий метантенк з газгольдером; 5 – пристрій для відкачування шламу з метантенку

Застосування біогазу дає можливість одержання електричної та теплової енергії, що є надзвичайно привабливим для селянських і фермерських господарств. У випадку масового поширення біогазових технологій на сільських теренах можна забезпечити значну економію традиційного палива. Схему біогазової установки для фермерського господарства показано на рисунку 3.5.

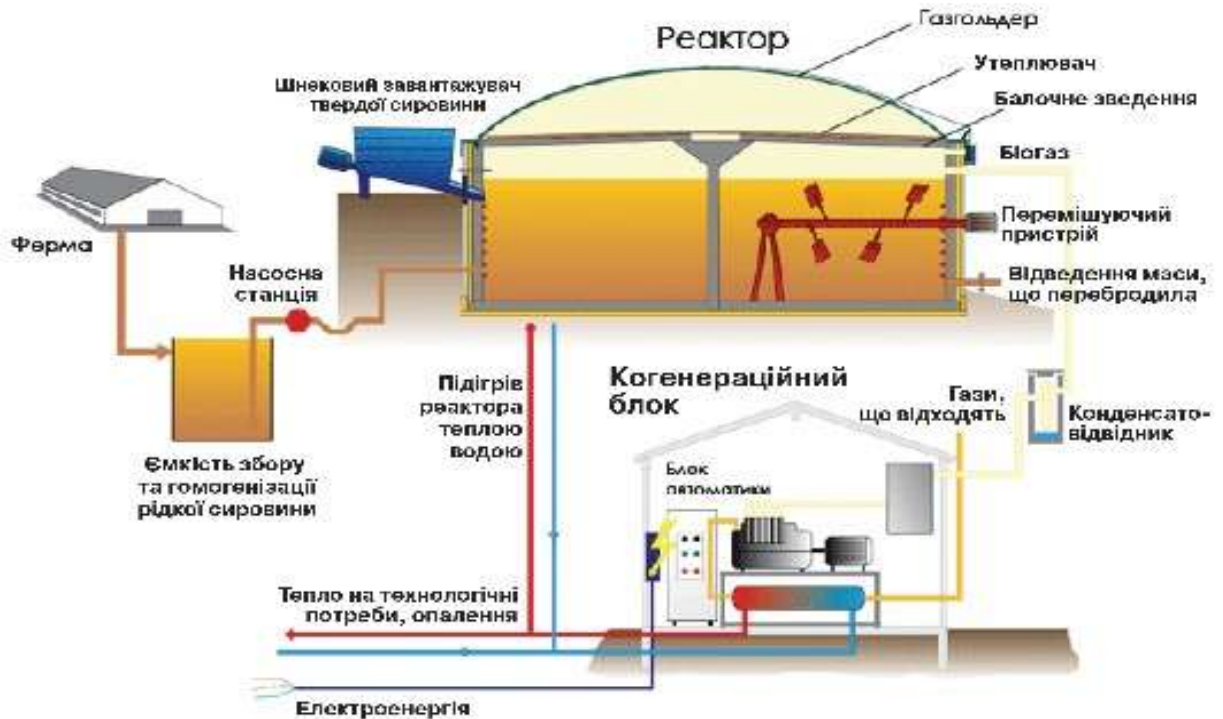


Рис. 3.5. Схема біогазової установки для фермерського господарства

З метою одержання біогазу, в останні роки, почали проявляти зацікавленість щодо вирощування та застосування в біореакторах водяну рослину біомасу. Одна із найпродуктивніших водоростей є макроцистис (бура водорість), поширена вона у прибережних зонах морів й океанів. Врожайність макроцистису становить 450 – 1200 т сирової маси із 1 га. Із 1 тонни широко розповсюдженої хлорели можна одержати 22 кДж енергії. Високими показниками врожайності характеризується також низка морських водоростей таких, як: водяний гіацинт, дуналієла, червона водорість та інші.

На сьогоднішній день ефективно функціонує низка гібридних енергосистем в Російській Федерації. Гібридна енергосистема «Біосоляр» – ТЕЦ, яка є замкненою для всіх біогенних елементів, окрім вуглецю, що спалюється (рис. 3.6).

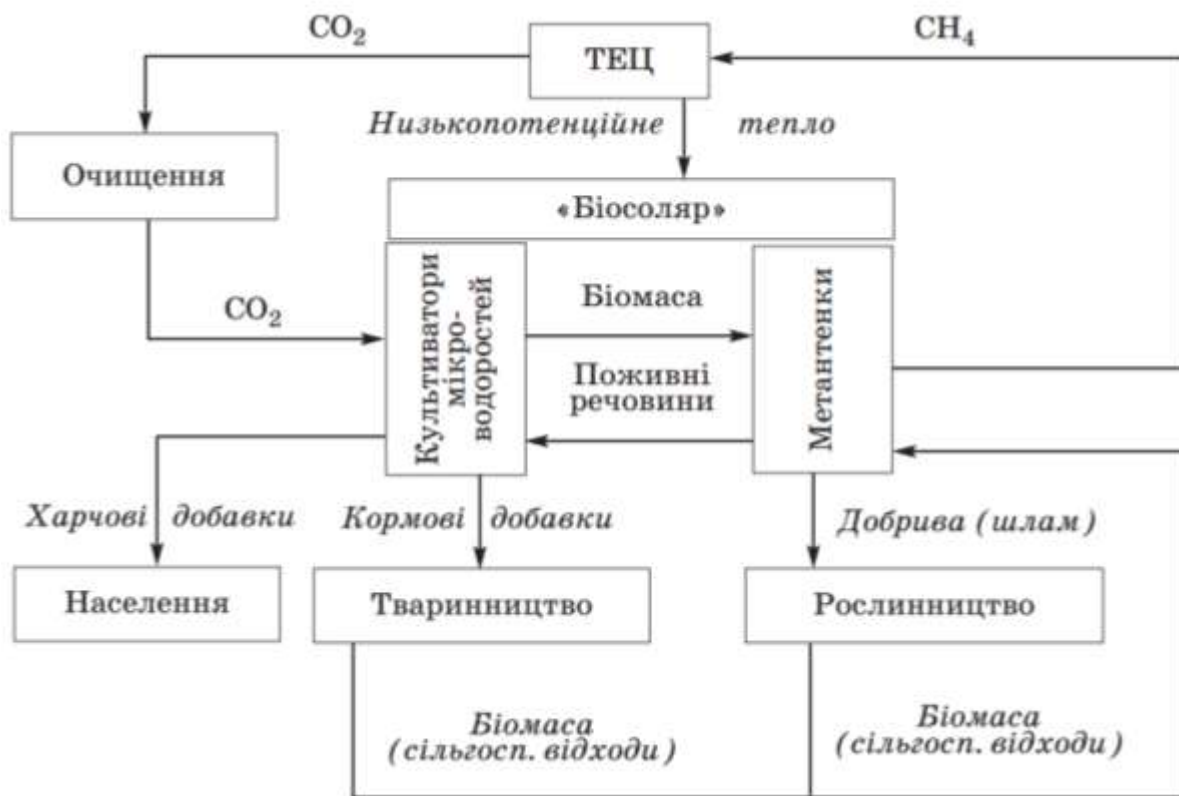


Рис. 3.6. Блок-схема гібридної енергосистеми «Біосоляр» – ТЕЦ

Система «Біосоляр» це комплекс в якому відбувається культивування мікроводоростей, виділення з них харчових і кормових добавок, а відходи становлять один із елементів якими завантажуються метантенки. Для вирощування мікроводоростей потрібний  $\text{CO}_2$ , який отримується при очищенні викидів від спалювання біогазу на ТЕЦ.

Для одержання біогазу застосовуються теж і відходи сільськогосподарського виробництва. У схемі передбачається також і додаткове (резервне) джерело живлення (природний газ), яке застосовується при потребі у зимовий час коли відсутня рослинна біомаса.



В Україні біоенергетика може володіє значним енергетичним потенціалом біомаси, зокрема наявний у сільськогосподарських виробників надлишок стебел і соломи, що становить, за приблизними підрахунками, 20 млн. т. Даний потенціал можна використати як паливо для котелень, які розташовуються у сільській місцевості (споживання яких становить близько 2,9 млн. т у. п. в рік), та для великих промислових енергоустановок.



Рис. 3.7. Паливний склад ТЕЦ «Albolmens Kraft-2» (Фінляндія), що працює на відходах деревообробної промисловості

Ще одним джерелом одержання біомаси є сміттєзвалища. Потенціальна можливість одержання біогазу із звалищ, за оцінками фахівців [16], становить – 1,6 млн. т у. п.

Сировиною, для одержання біогазу, можуть слугувати практично усі відходи, що містять органічні складові.

### 3.2. Економічне обґрунтування вирощування рослин для енергетичної біомаси

Біомаса, як паливо, міцно тримається на четвертому місці у світі по обсягах виробництва електроенергії. Її доля як первинного джерела енергії становить близько 10 %.

При виробництві теплової енергії біомаса теж займає четверте місце поступаючись лише природному газу, вугіллю і нафті. значного успіху в розвитку біоенергетики досягли країни-учасниці Європейського союзу.

Доля використання біомаси в загальному по Європейському Союзу зросла із 3 % в 1995 році до 9,5 % у 2016 році.

Так, зокрема у Латвії доля застосування біомаси у загальному внутрішньому енергоспоживанні перебуває в межах 28 %, що забезпечує їй лідерські позиції, Швеція використовує близько 22 %, Фінляндія – 21 %, Данія – 17 %, Австрія – 16 %, Німеччина – 8 %.

Якщо порівнювати, то США використання біомаси у загальному енергоспоживанні перебуває на рівні 3,9 %, а в Україні – 1,24 %.

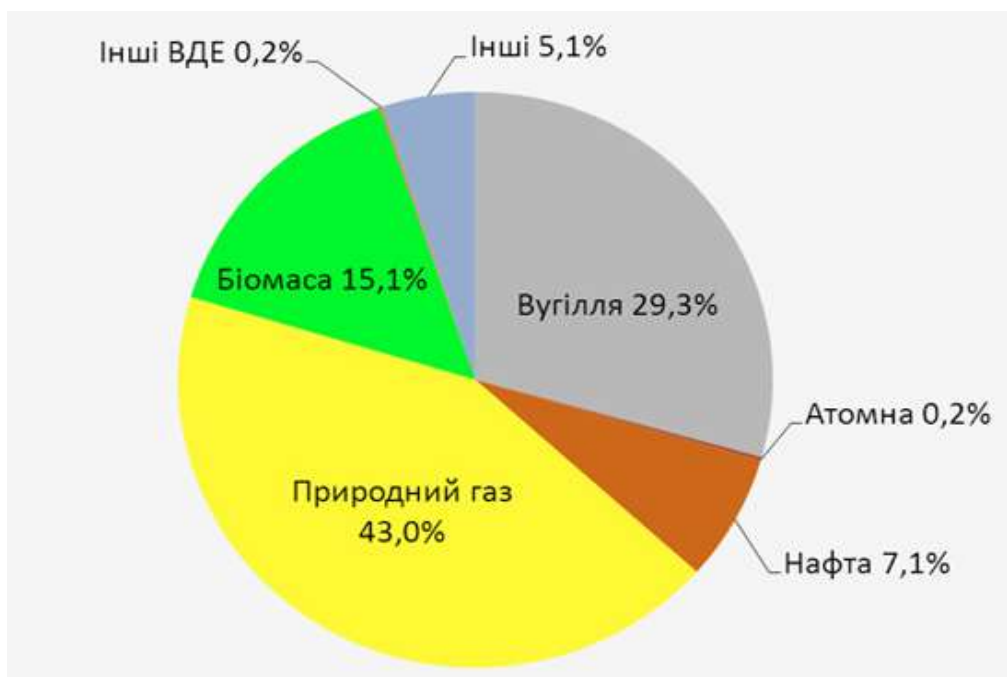


Рис. 3.8. Масова частка різних типів джерел енергії у виробництві теплової енергії у Європейському Союзі у 2016 році

Найважливішу роль біомаса має у галузі виробництва теплової енергії. Станом на 2016 рік з неї отримувалося приблизно 15 % від загального об'єму теплової енергії в Європейському Союзі (рис 3.8).

Також, необхідно відмітити, що основна маса теплової енергії яка отримується за рахунок використання відновлюваних джерел енергії – одержується із органічних відходів і біомаси.

Найбільшу питому вагу в структурі біомаси, яка йде на для одержання теплової енергії, у більшості держав учасниць Європейського Союзу становить тверда біомаса. Так зокрема у Швеції – 78 %, в Австрії – 89 %, у Польщі – 93 %, у Фінляндії – 94 % (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Структура біомаси, яка йде на виготовлення  
теплової енергії в ЄС, за видом палива, 2015 р. [27]

Країна ЄС	Види біомаси/біопалива				Загалом, ТДж на рік
	Тверда біомаса, %	ТПВ*, %	Біогаз,%	Рідкі біопалива, %	
Швеція	78	17	1	5	113 405
Фінляндія	94	4	2	-	51 595
Данія	62	36	3	-	41 252
Німеччина	37	58	3	1	37 758
Австрія	89	8	2	1	24 471
Польща	93	-	7	-	11 270
Франція	-	100	-	-	10 613
Нідерланди	24	73	3	-	6 869
Італія	37	34	12	17	6 861
Чехія	56	39	5	-	3 703
Угорщина	68	31	1	-	1 696

\* ТПВ - тверді побутові відходи

Розподіл відповідно до технологій одержання теплової енергії в ЄС покажемо за допомогою таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Розподіл відповідно до технологій одержання теплової енергії в ЄС, 20115 р.

Країна ЄС	Види технології/обладнання			Загалом, ТДж на рік
	ТЕЦ на біомасі, %	ТЕЦ на ТПВ, %	Котельні і побутові котли на біомасі, %	
Швеція	52	13	36	113 405
Фінляндія	77	3	20	51 595
Данія	30	32	38	41 252
Німеччина	24	39	37	37 758
Австрія	52	6	42	24 471
Польща	85	-	15	11 270
Франція	-	77	23	10 613
Нідерланди	27	23	50	6 869
Італія	66	34	-	6 861
Чехія	38	11	51	3 703
Угорщина	61	31	8	1 696

Як бачимо з таблиці 3.3, у перелічених державах ситуація щодо виробництва теплової енергії є доволі різною. Так зокрема, у Фінляндії, Швеції й Австрії більше теплової енергії продукується на ТЕЦ, які в своїй роботі використовують біомасу, в той час як ТЕЦ, які використовують ТПВ, продукують порівняно менше теплової енергії.



В той час, у Нідерландах і Данії ТЕЦ на ТПВ і біомасі продукують приблизно однакову кількість тепла. В Італії, для порівняння, все тепло отримується за допомогою ТЕЦ.

Відповідно до прогнозів Єврокомісії, до 2020 року країни-учасниці ЄС будуть отримувати близько 18 % тепла за допомогою відновлюваних джерел від загального обсягу його виробництва. Із них приблизно 75 % – із біомаси, решту, у рівних частинах, – за рахунок геотермальних джерел енергії, використовуючи теплові насоси, та сонця, використовуючи теплові колектори.

Продуктування тепла із біомаси має успішний розвиток у Європейському Союзі за рахунок планомірного використання дієвого інструментарію по його стимулюванні. Такі інструменти можна розділити на наступні групи:

- податкові пільги,
- фінансування за допомогою спеціальних програм і фондів,
- інвестиційні субсидії та гранти,
- законодавча підтримка.

Для порівняння у нашій державі сектор біоенергетики розвивається надзвичайно повільно. Відповідно до енергетичного балансу 2015 року доля енергії, яка продукується з біомаси, становить лише 1,24% (рис. 3.9).

Основним енергоносієм, на сьогоднішній день, в Україні є природний газ – 36,9%. Друге місце займає – вугілля (32,7%). Хоча, протягом останніх років, відмічається тенденція щодо зниження частки використання природного газу і за рахунок заміщення її вугіллям. В порівнянні із енергетичним балансом 2012 року, доля природного газу у ЗППЕ була – 42%, а вугілля – 28,2%.

На сьогоднішній день споживання теплової енергії в Україні перебуває в межах – 230 млн Гкал, із яких найбільшими споживачами є населення та ЖКГ (67%), 20% – промисловість, решта – інші галузі.

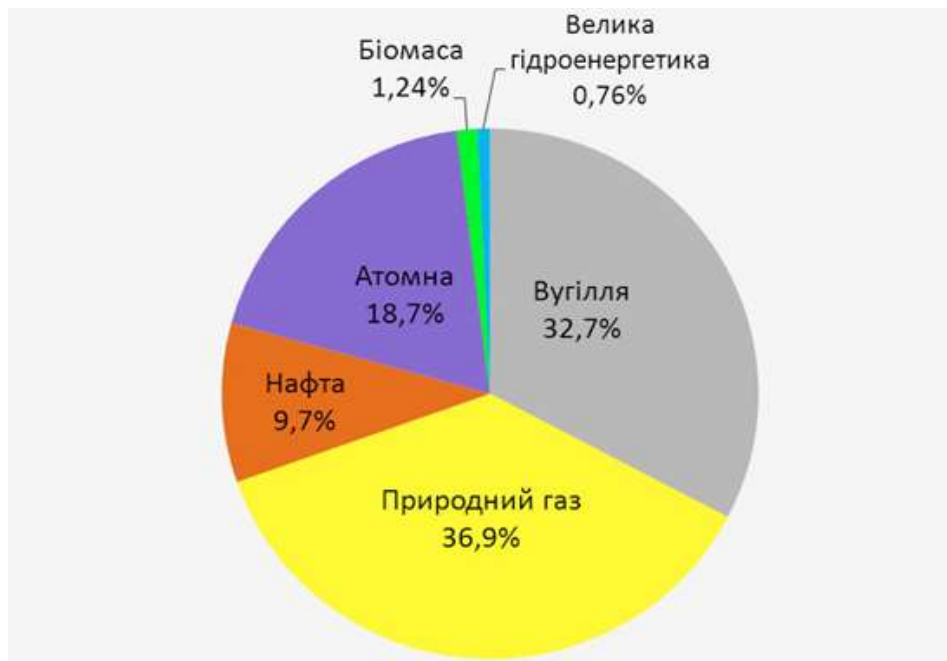


Рис. 3.9. Структура первинної енергії в Україні, 2015 р. [29]

Відповідно до Енергетичної стратегії до 2030 р., щодо використання теплової енергії у 2030 р. прогнозується його ріст до 271 млн Гкал. Відповідно до прогнозів найбільший його приріс буде у бюджетному та комерційному секторах, їх доля у загальній структурі споживання теплової енергії збільшиться до 20%.

В Україні є хороші передумови для значного збільшення застосування біомаси у виробництві енергії, перш за все - для отримання теплової енергії. Дане твердження пов'язується із значним потенціалом біомаси, що є доступною для продукування енергії.

Найбільшу питому вагу у даному потенціалі становлять відходи сільського виробництва та біомаса отримана з енергетичних культур. В залежності від врожайності енергетичних культур економічно обґрунтованим є потенціал в районі 25 - 35 млн. тонн у. п. в рік, що відповідає 13 – 18 % використання первинних видів енергії в Україні.

На сьогоднішній день із наявного потенціалу біомаси для отримання енергії у нашій державі найбільш активно застосовується лушпиння соняшника та деревина (табл. 3.4).

## Біомаса у виробництві енергії у 2014 - 2015 рр.\* [13]

Тип біомаси	Річний об'єм використання**		Частка від загального обсягу річного споживання біомаси, %	Частка від економічно доцільного потенціалу, %
	Натуральні одиниці	Тис тонн умовного палива		
Солома зернових та ріпаку	77 тис тонн	37	1,6	1
Дрова, населення	2 млн м куб	478	21,4	80
Дрова, крім населення	4 млн тонн	1 330	59,5	
Лушпиння соняшника	665 тис тонн	318	14,2	59
Біоетанол	52 тис тонн	48	2,1	4
Біодизель	318 тонн	~0	~0	~0
Біогаз з аграрних відходів	10 млн м куб	7	0,3	2
Біогаз з полігонів ТПВ	26 млн м куб	18	0,8	7
Усього		2 236***	100	

\* - експертна оцінка

\*\* - для виробництва енергії в Україні. Експорт гранул не враховується

\*\*\* - узгоджується з даними Держстату - 2,24 млн. тонн умовного палива у 2015 році

Проводячи аналіз таблиці 3.4 видно, що застосування потенціалу деревини становить – 80%, лушпиння – 59 %. Разом з тим потенціал соломи тільки на 1%.

Сьогодні біомасу в нашій державі використовують у більшості випадків для отримання теплової енергії. Населенням використовується деревина для традиційних твердопаливних котлів та печей до 75 % загального об'єму використання. Інша частина утилізується на підприємствах.

Одним із важливих напрямків застосування потенціалу біомаси в Україні є виробництво пеллет і паливних брикетів. Відповідно до даних

Асоціації учасників ринку альтернативних видів палива та енергії, українськими виробниками у 2015 р. було отримано 810 тис тонн твердого біопалива. Основна частина якого йде на експорт, як правило у Європейські країни. Однак, необхідно зазначити, що останнім часом відмічається тенденція зростання долі, яка залишається в Україні. Так зокрема, років п'ять назад 90 – 95 % отриманого твердого біопалива експортувалося, то у 2015 р. доля експорту зменшилася до 70 %.

В Україні існує низка перепон на етапі розвитку біоенергетики в цілому та сектору виробництва тепла зокрема. До таких перепон, на нашу думку, належать:

1. Потенціал біоенергетики майже повністю є проігнорованим при формуванні проекту оновленої Енергетичної стратегії України на період до 2030 року.

2. Відсутність реальної дієвої державної програми у сфері розвитку біоенергетики загалом.

3. Відсутність субсидіювання покупців біоенергетичного устаткування.

4. Відсутність програм щодо розвитку ринку біомаси як палива.

5. Завищені екологічні стандарти до обладнання, яке працює на біомасі.

6. Тарифоформуючі механізми не стимулюють виробників теплової енергії використовувати місцеві види біопалив, а навпаки – спонукають до застосування природного газу.

З метою усунення даних перепон на державному рівні необхідно застосувати низку заходів. Зокрема пропонується затвердити офіційними документами обґрунтованих цілей щодо використання біомаси в енергоспоживанні. Цілі щодо долі біомаси в енергоспоживанні в Україні й Європейському Союзі відображено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Цілі щодо долі біомаси в енергоспоживанні в Україні й ЄС, %

Показник	2011	2015	2020	2025	2030
Для біомаси у загальній структурі енергоспоживання України, відповідно до Енергетичної стратегії України від 2006 року	1,30	-	2,60	-	3,00
Для біомаси у загальній структурі енергоспоживання України, відповідно до Енергетичної стратегії України від 2015 року	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Для біомаси у загальній структурі енергоспоживання України, пропозиції автора	1,24	1,50	3,00	5,00	7,00
Доля біомаси в валовому загальному енергоспоживанні України у 2030 році, пропозиція автора	1,78	2,20	4,30	7,20	10,00
Для біомаси у загальній структурі енергоспоживання ЄС	6,70	10,0 0	14,0 0	16,0 0	19,00

Разом з вище переліченим необхідно внести низку змін у національне законодавство, де б передбачалися механізми компенсації вартості теплової енергії виготовленої за рахунок альтернативних джерел енергії пільговим категоріям, законодавчо закріпили долю біопалива при виробництві теплової енергії на комунальних підприємствах та рівноправне застосування різних типів палива.

Провівши аналіз результатів проведеного техніко-економічного обґрунтування технологій отримання теплової енергії за допомогою біомаси дозволяє запропонувати концепцію використання біоенергетичного устаткування в Україні.

При існуючій вартості на викопне паливо використання котлів, що використовують у своїй роботі біомасу, є економічно доцільним та може

бути рекомендованим для застосування на об'єктах теплоенергетики в бюджетній і промисловій секторах.

Час окупності проектів по впровадженню твердопаливних котлів які працюють на соломі та деревині становить приблизно 3 роки.

Беручи до уваги загальні тенденції підвищення ціни природного газу в Україні надає вагомий стимул для запровадження твердопаливних котлів, що працюють на біомасі.

У нашій державі, у першу чергу, має запроваджуватися устаткування для продукування теплової енергії та одночасного виробництва електричної й теплової енергії із біомаси. До такого роду устаткування відносяться побутові у промислові твердопаливні котли, ТЕЦ та опалювальні котельні.

Ще одним важливим положенням, яке необхідно закласти в основі концепції Біоенергетичної асоціації України (БАУ), з метою більш широкого впровадження устаткування для продукування теплової енергії за рахунок біомаси, є поділ виробництва по видах технології отримання теплової та електричної енергії.

Спираючись на досвід країн-учасниць Європейського Союзу, пропонується наступний розподіл структури продукування тепла: побутові котли та котельні на біомасі – 65 %; ТЕЦ, що використовують в своїй діяльності біомасу – 25 %; ТЕЦ, що утилізують ТПВ – 10 %. Даний вид розподілу пропонується для впровадження у Енергетичну концепцію України до 2030 року.

У сучасній концепції розподіл має зовсім інший вигляд: мала чисельність ТЕЦ які використовують тверду біомасу, відсутність ТЕЦ які використовують ТПВ.

Пропонована Біоенергетичною асоціацією України концепція використання біоенергетичного устаткування для продукування теплової енергії до 2030 року відображена у таблиці 3.6.

Прогнозована динаміка росту потужності устаткування для отримання теплової енергії із біомаси до 2030 року в Україні [25]

Показник	2015	2020	2030
Використання первинних енергоресурсів, млн. т у. п.	180,7	212,8	238,1
Доля біомаси у виробництві енергії, %	1,24	3	7
Доля біомаси у валовому остаточному споживанні енергоресурсів, %	1,78	4,3	10
Потужності біоенергетичного продукування тепла, МВт	3 586	7 665	17 150
Розподіл потужності			
ТЕЦ на біомасі, %	1	13	25
ТЕЦ на твердих побутових відходах, %	-	2	10
Побутові печі та котли, а також котельні на біомасі, %	99	85	65
Об'єм біомаси для одержання теплової енергії, млн. т у. п.	2,16	4,29	8,84
Доля в потенціалі біомаси, %	6,4	13	26
Загальна кількість теплової енергії, млн. Гкал	232	250	271
Доля біомаси від загального виробництва тепла, %	6	14	32
Доля біомаси від загального виробництва тепла, млн. Гкал	13,9	35	86,7
Заміщення природного газу в виробництві теплової енергії, млрд. м <sup>3</sup> в рік	1,67	3,5	7,5
Доля від загальної кількості спожитого природного газу, %	2,9	7	15

Таблиця 3.7

Концепція запровадження біоенергетичного устаткування для  
отримання теплової енергії в Україні до 2020 року [25]

Вид устаткування	Ємність ринку, шт.	Потужність, МВт	Заміщення газу, млрд. м <sup>3</sup> в рік	Необхідні інвестиції, млн. грн.
<b>Населення</b>				
Традиційні печі на дровах	50000	500	0,19	150
Побутові твердопаливні котли на пеллетах і дровах	80000	2400	0,98	1920
Твердопаливні котли на стеблах і соломі	85	170	0,08	170
Разом	130085	3070	1,25	2240
<b>Бюджетна сфера та ЖКГ</b>				
Твердопаливні котли на пеллетах і дровах	2500	1250	0,52	1250
Твердопаливні котли на стеблах і соломі	500	1000	0,41	3500
ТЕЦ що працює на деревині	10	240	0,11	1440
ТЕЦ на стеблах і соломі	5	150	0,07	900
ТЕЦ на ТПВ	5	150	0,07	900
ТЕЦ на біомасі енергетичних культур	5	150	0,07	900
Разом	3025	2940	1,25	8890
<b>Комерційні споживачі та промисловість</b>				
Твердопаливні котли на пеллетах і дровах	400	400	0,30	400
Твердопаливні котли на стеблах і соломі	350	175	0,11	175
Твердопаливні котли на соняшниковому лушпинні	60	480	0,36	480
ТЕЦ на деревині	5	150	0,07	900
ТЕЦ на соняшниковому лушпинні	15	450	0,16	2700
Разом	830	1655	1,01	4655
<b>ВСЬОГО</b>	<b>133940</b>	<b>7665</b>	<b>3,51</b>	<b>15785</b>



Отже, як бачимо з таблиці 3.7 реалізація концепції забезпечить можливість щорічного заощадження природного газу у розмірі приблизно 3,5 млрд. м<sup>3</sup> і зменшення викидів парникових газів приблизно на 7 млн. т CO<sub>2</sub> в рік. Разом з тим кількість новостворених робочих місць буде в районі 10 тис. Загальна сума інвестицій, необхідних для реалізації концепції по впровадженню біоенергетичного устаткування становить – 15,8 млрд. грн., дані інвестиції окупляться приблизно протягом двох років. Важливим є те, що дана економія повторюватимеся і у наступні роки.

Концепція щодо запровадження біоенергетичного устаткування із продукування тепла до 2030 року відображена у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Концепція запровадження біоенергетичного устаткування із виробництва теплової енергії в Україні до 2030 р. [25]

Вид устаткування	Ємність ринку, шт.	Потужність, МВт	Заміщення газу, млрд. м <sup>3</sup> в рік	Необхідні інвестиції, млн. грн.
<b>Населення</b>				
Традиційні печі на дровах	50000	500	0,19	150
Побутові твердопаливні котли на пеллетах і дровах	80000	2400	0,98	1920
Твердопаливні котли на стеблах і соломі	1100	2200	0,90	2200
Разом	130085	5100	2,07	4270
<b>Бюджетна сфера та ЖКГ</b>				
Твердопаливні котли на пеллетах і дровах	2500	1250	0,52	1250
Твердопаливні котли на стеблах і соломі	1400	2800	1,13	9800
ТЕЦ що працює на деревині	10	300	0,12	1800
ТЕЦ на стеблах і соломі	50	1770	0,72	9000
ТЕЦ на ТПВ	50	1770	0,72	9000
ТЕЦ на біомасі енергетичних культур	50	1770	0,72	9000
Разом	4060	9660	3,92	39850

<b>Комерційні споживачі та промисловість</b>				
Твердопаливні котли на пеллетах і дровах	400	400	0,31	400
Твердопаливні котли на стеблах і соломі	1300	650	0,50	650
Твердопаливні котли на соняшниковому лушпинні	55	440	0,34	440
ТЕЦ на деревині	10	300	0,11	1800
ТЕЦ на соняшниковому лушпинні	20	600	0,23	3600
Разом	1785	2390	1,48	6890
<b>ВСЬОГО</b>	<b>136945</b>	<b>17150</b>	<b>7,45</b>	<b>51010</b>

На сьогоднішній день як концепція до 2020 р. так і концепція до 2030 р. не містить теплової енергії, що одержується за допомогою біогазових установок. З часом об'єми корисного використання тепла, одержаного за допомогою біогазового обладнання, буде зростати, і це повинно бути враховано при розробці наступних концепцій.

Запровадження біоенергетичних технологій володіє позитивним соціально-економічним впливом на регіони, де реалізуються відповідні проекти, це проходить за рахунок наступного:

- при застосуванні у вигляді палива біомаси кошти за енергоносії, які імпортуються, не йдуть у країни-експортери, а залишаються на місцях і сприяють розвитку місцевої економіки;

- запровадження технологій продукування енергії із біомаси дозволяє створити нові робочі місця, що є особливо важливим для сільської місцевості.

Досвід країн-членів Європейського Союзу показує, що найбільш динамічний розвиток, в порівнянні з усіма секторами біоенергетики, має виробництво тепла. В Україні ситуація є аналогічною: з усього об'єму біомаси, яка йде на отримання енергії, більше половини припадає на продукування теплової енергії.

Але, необхідно відмітити, що доля теплової енергії отриманої із біомаси в енергетичному балансі нашої держави є надзвичайно низькою – приблизно 6%, а її зростанню мішає низка бар'єрів. Політика у сфері стимулювання біоенергетики потребує радикальних і невідкладних змін зі сторони держави.

### **3.3. Охорона праці та техніка безпеки**

Охорона праці є невід'ємною і однією з найголовніших складових успіху виконання будь яких робіт. Лісове і зелене господарство – не виняток, тут також необхідне чітке дотримання правил охорони праці і норм виробничої санітарії .

Охорона праці – це система законодавчих та нормативних актів і відповідних ним соціально-економічних, технічних, гігієнічних та організаційних міроприємств, що забезпечують безпеку і збереження здоров'я працюючих в процесі праці (Закон України “Про охорону праці” від 21.11.2002 р.). Основоположним документом, що визначає правові норми й відповідальність адміністрації підприємств і організацій за охорону праці та створення безпечних умов є Кодекс законів про працю. Кодекс визначає режим робочого часу й відпочинку, гарантії та пільги для жінок, підлітків і деяких інших категорій працівників. Робітники, які працюють в шкідливих умовах праці, на протязі року на чисті продукти отримують додаткові виплати.

Законами передбачено безкоштовну видачу робітникам і службовцям спецодягу та інших засобів спеціального захисту, мила, знешкоджувальних засобів, молока та лікувально-профілактичного харчування.

Конкретні положення і заходи з охорони праці передбачаються у колективному договорі. Договір щороку укладається між адміністрацією та профспілковим комітетом підприємства. Основними документами з охорони праці на підприємствах є Положення про охорону праці та

організації оперативного контролю, відповідні державні нормативні акти (ДНАОП, НАОП) та стандарти підприємств щодо безпеки праці. В колективному договорі встановлюються взаємні обов'язки адміністрації та колективу працівників по виконанню виробничих планів, вдосконалення організації виробництва, запровадженню нової техніки і передових технологій, укріпленню виробничої та трудової дисципліни, покращенню житлово-побутових умов працівників і ряду інших напрямків в сфері виробництва, побуту та відпочинку робітників. За стан охорони праці в цілому на підприємстві несе відповідальність директор, а вирішення організаційних питань покладено на відділ охорони праці. Впроваджено триступеневий контроль. Створена та діє комісія з питань охорони праці.

Згідно вимог, на підприємстві періодично здійснюється навчання працівників в залежності від виконуваних робіт. Після навчання проводиться атестація. Всі види інструктажів проводяться у відповідності до вимог НПАОП 0.00-4.12-05. Також розроблені посадові інструкції з питань охорони праці на підприємстві згідно з НПАОП 0.00-4.15-98.

Згідно “Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці” інструктажі бувають: вступні, первинні, повторні (проводяться один раз на 6 місяців, а для працівників, що працюють з підвищеною небезпекою – 1 раз на 3 місяці), позапланові, цільові (1 раз) і навчання з питань охорони праці (проходять головні спеціалісти 1 раз на 5 роки). після цього складається іспит і видається посвідчення.

На підприємстві обладнано спеціальний кабінет з охорони праці, який служить в свою чергу і учбовою аудиторією. Також сформовані, відповідно до вимоги, куточки з охорони праці – НПАОП 0.00-4.29-97, існує спеціальний стенд з науковою інформацією з охорони праці, посібники, журнали обліку та навчання з охорони праці.

Під час проведення робіт, безпосередньо на виробничих ділянках слід дотримуватись правил техніки безпеки всім робітникам. Згідно вимог

НПАОП 0.00-4.29-97 "Типове положення про кабінет охорони праці" , в конторі повинен бути обладнаний кабінет охорони праці, та куточки, по техніці безпеки на виробничій дільниці, а також обладнані всім, необхідним знаряддям пожежогасіння. Крім того, для дотримання техніки безпеки гаража, де знаходяться машини та знаряддя, повинен бути облаштований блискавко захисними пристроями. Оскільки в садово-парковому господарстві більшість робіт проводиться на відкритому повітрі, тому кожен робітник повинен бути забезпечений необхідним спецодягом відповідно до вимог НПАОП 0.00-3.01-98.

Інструменти, які мають рухомий робочий орган (газонокосарки, електро- та бензопили, сучкорізи, металорізальні інструменти та інші) можуть призвести до травмування робітника, тому при роботі з ними слід дотримуватись правил безпеки. Особливо обережними потрібно бути при роботі з інструментами, які працюють під напругою, всі вони повинні мати надійну ізоляцію, запобіжні прилади та бути заземленими.

Роботи по захисту рослин від шкідників і хвороб з використанням хімічних речовин (пестицидів, міндобрив) проводяться під керівництвом спеціаліста. До цих робіт допускаються здорові люди, що пройшли медичний огляд і спеціальний інструктаж. Не допускаються до роботи підлітки до 18 років, вагітні жінки, а також працівники пенсійного віку. Працівники забезпечуються спецодягом, засобами індивідуального захисту. В період роботи з пестицидами робітників забезпечують додатковим харчуванням.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які діють на робітника оранжереї:

- ураження електричним струмом;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена заповишеність робочої зони;
- підвищена або знижена вологість повітря;

- розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні;
- гострі країки реманенту та устаткування;
- токсична та подразнювальна дія шкідливих речовин на організм.

До початку увімкнення електрообігрівання оранжерей особа, яка обслуговує їх, повинна впевнитись у тому, що на цій ділянці відсутні люди, замкнути вхід на територію і вивісити плакати «ПІД НАПРУГОЮ», "НЕБЕЗПЕЧНО ДЛЯ ЖИТТЯ». В окремих випадках дозволяється виконувати роботи при увімкненому електрообігріванні з використанням, реманенту з дерев'яними чи іншими ізольованими держаками без заглиблювання реманенту в ґрунт глибше 25 см.

Перед початком роботи, готуючи ґрунт під газони і квітники на великих ділянках використовуючи механізми необхідно виконувати слідуєчі вимоги:

- площа, яка готується до обробки механізованим способом,
- повинна бути обстежена і в небезпечних місцях огорожена попереджувальними знаками;
- при обробці ґрунту не слід виконувати круті повороти по малим радіусам;
- при підготовці ґрунту необхідно рухатись тільки на першій передачі;
- місця виконання робіт з фрезою повинні бути огорожені і поява сторонніх осіб в небезпечній зоні виключена.

Робітники, отримавши порізи та подряпини на руках, до роботи по внесенню мінеральних добрив, використуванню хімічних речовин, а також до робіт, пов'язаних з контактуванням, з землею, не допускаються.

При виконанні робіт зі сторони проїзної частини дороги, робітники повинні бути одягнуті в сигнальні, жовтогарячі жилети.

Інструменти, які використовуємо не допускається розкидати на робочому місці і за його межами. Інвентар по мірі виконання робіт слід збирати і відвозити у відведені місця.

Озеленювач повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт та по якій проінструктований;
- користуватися спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту;
- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за товаришів по роботі;
- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці;
- вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим при нещасних випадках;
- вміти користуватись первинними засобами пожежогасіння

Відповідно до вимог ДНАОП 0.00-4.03-01 на підприємствах підлягають розслідуванню й обліку травми, професійні захворювання, теплові удари, опіки, утоплення та інші нещасні випадки.

З метою недопущення виробничого травматизму та нещасних, випадків повинні проводитись в установленому порядку попередні та періодичні медичні огляди працівників.

Комісія протягом трьох діб має розслідувати обставини і причини нещасного випадку, опитати очевидців, скласти акт за формою Н-1 у 4-х примірниках. Групові нещасні випадки або нещасні випадки зі смертельним наслідком підлягають спеціальному розслідуванню, яке здійснюється під керівництвом технічного інспектора праці профспілки.

### **Висновки до III розділу**

Енергетичний аналіз передбачає визначення витрат усіх видів біоенергетичних ресурсів та первинної продукції аграрного виробництва в енергетичних одиницях і їх співставлення (калорії, джоулі). Це дозволяє достовірно оцінити ефективність аграрного природокористування, передбачити заходи щодо підвищення ефективності використання біоенергетичних ресурсів, враховуючи витрати енергії і одержаний біоенергетичний потенціал.

Слід відзначити, що в наш час практично відсутні наукові дослідження з енергетичної оцінки ефективності використання біоенергетичних ресурсів. Проте, враховуючи стрімкий ріст цін як на традиційні, так і на альтернативні енергоносії, що спостерігається в останні роки, необхідно брати до уваги також безперечну екологічну вигоду, яку несе запровадження біоенергетики.

В останні десятиліття людство почало все частіше перейматися проблемами енергетичної залежності глобалізованого світу. Що буде, якщо не буде більше нафти? Не буде більше природного газу? Запаси природних енергетичних ресурсів вичерпні!

Гідро-, сонячні та вітрові електростанції є покращеннями, які потребують значних інвестицій, тим часом біомаса оточує нас всюди. Побічні продукти, які виникають в результаті сільськогосподарської діяльності та біомаса з відходів життєдіяльності лісів, в основному піддаються для використання з ціллю виробництва тепла або електрики.



## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Україна має значний потенціал для розвитку відновлювальної енергетики. Те ж можна сказати відносно інших альтернативних традиційних джерел енергії - таких, як: шахтний метан, торф, буре вугілля, скидний потенціал побутових і промислових стоків та ін. Можливості використання НВДЕ мають всі області країни, разом з тим, не зважаючи на значний обсяг прийнятих законів, програм нормативних актів та інших документів, справа з впровадженням НВДЕ у країні йде занадто низькими темпами, вклад в енергетичний баланс країни є незначним.

Причин такого стану багато, головні з них це відсутність системи економічного стимулювання переходу до використання НВДЕ, декларативний характер нормативно-правових актів без конкретних механізмів впровадження, а також низька виконавча дисципліна. Не можна сказати, що в країні нічого не робиться в цьому напрямі, але того що робиться не достатньо для компенсації негативних тенденцій таких, як світове зростання цін на енергоносії, збільшення рівня енергетичної залежності країни та забруднення навколишнього середовища.

Не впроваджуючи нові види НВДЕ, не вкладаючи коштів у технології, не розвиваючи виробництво на базі нових технологій, країна консервує технологічну відсталість і може втратити свій шанс вийти у європейську спільноту.

Серед факторів сприяння розвитку НВДЕ в Україні можна назвати:

- зростання ціна на традиційні енергоносії;
- підвищення вимог екологічних норм і стандартів;
- можливості реалізації механізмів Кіотського протоколу для фінансування проектів впровадження НВДЕ;
- покращення можливості входження до європейської спільноти;
- необхідність заміни зношених основних фондів.

Основною проблемою, пов'язаною з постачанням та наявністю біомаси, є недорозвиненість ринку біомаси як палива в Україні. Для успішного розвитку біоенергетики необхідна державна підтримка, в тому

числі фінансова, особливо на етапі становлення сектору. В умах України цей період може зайняти 5-10 років, доки біоенергетичні технології не вийдуть на комерційний рівень та зможуть стало розвиватися без додаткової підтримки.

З фінансово-економічними аспектами пов'язані наступні проблеми:

- Відсутність фінансових стимулів для впровадження біоенергетичних проектів

- Низька фінансова спроможність українських компаній плюс висока вартість банківського кредитування

- Відсутність фінансових стимулів для більшості компаній, що експлуатують котельні комунальної та державної форм власності, для економії споживання природного газу та переведення котелень на біомасу.

- Недостатнє фінансування наукових досліджень та впровадження нових технологій.

- Відсутність фінансових стимулів для впровадження біоенергетичних проектів

Через недостатність власних фінансових ресурсів більшість пілотних та демонстраційних проектів в Україні реалізується за підтримки іноземних фондів та програм. Успішний проект повинен „тиражуватися”, щоб демонструвати позитивний вплив так званого «ефекту вивчення» та розширювати використання біомаси та біопалив. В даний час в Україні немає чітко визначених механізмів для підтримки впровадження нових біоенергетичних проектів або повторення успішно реалізованих проектів.

В роботі проведено еколого-економічний аналіз доцільності вирощування деяких рослин для отримання і використання їх біомаси на енергетичні потреби, описані основні біологічні особливості та агротехнічні принципи вирощування таких культур, наведено різні технологічні схеми виробництва та переробки біомаси рослин на товарні енергоносії. Акцентовано увагу на економічну доцільність та політичні переваги переходу на відновлювальні джерела енергії в умовах незалежної України. Подано перелік видів рослин, які найбільш придатні для отримання енергетичної біомаси в умовах Східного Опілля.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біоенергетичний потенціал сільськогосподарського виробництва: економічний вимір, прогноз використання: монографія / Макаруч О.Г., Савчук В.К. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 177 с. Збірник наукових праць ВНАУ

2. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо стимулювання виробництва бензинів моторних сумішевих» від 23.02.2006 р. №3502-IV [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3502-15>.

3. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу» від 25.09.2008 р. №601-VI [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=601-17>.

4. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива» від 21.05.2009 р. №1391-VI [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1391-17>.

5. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії» від 01.04.2009 р. №1220-VI [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу : <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1220-17>.

10. Biofuels for transportation: global potential and implications for sustainable agriculture and energy in the 21st century // Worldwatch institute in cooperation with GTZ and FNR. – 2006. – 386 p.

11. Coyle W. The Future of Biofuels. A Global Perspective [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу: <http://www.ers.usda.gov/features/bioenergy>.

12. Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. [Електронний ресурс] / Режим доступу до документу : <http://www.europarl.europa.eu>.

13. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії; підруч. / О. Адаменко [та ін.]; ред. В. Лютко. - Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. - 270 с.

14. Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку : матеріали наук.-практ. конф. - Вінниця : РВВ ВДАУ, 2006. - 103 с,

15. Герасимів З. Лісові ландшафти східної частини Опілля та перспективи їх використання, // Рациональне природокористування і охорона природи Наукові записки. № 2 . 2009, с. с.124-129.

16. Гродзинський Д., Дембновецький О., Левчук О. Обрії вітчизняної біоенергетики. Внесок вчених НАН України в розв'язанні проблем виробництва рідкого біопалива, Вісн. НАН України, 2008, № 1, с.22-31.

17. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні : моногр. / Г. М. Калетнік ; рец. М. Й, Малік [та ін.]. - К. : Аграрна наука, 2008. - 464 с.

18. Калетнік Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посіб. / Г. М. Калетнік, В. М. Пришляк ; М-во аграрної політики України, ВДАУ. - Вінниця, 2008. - 192 с.

19. Овдіна В.: "Зелене" паливо / В. Овдін // Агробізнес сьогодні. - 2009. - № 14. - С. 12-15.

20. Окоча А. Диметилловий ефір - ще один вид альтернативного палива для дизельних двигунів / А. Окоча // Пропозиція. - 2009. - № 6. - С. 110-114.

21. Савченко Л.: Шлях до альтернативи / Л. Савченко // Агробізнес сьогодні. - 2009. - № 23. - С. 32-33.

22. Макарчук О. Г. Экономический анализ биоэнергетики, как источника доходов аграрных предприятий / Макарчук О., Хокманн Х.,

Лисситса А. – Ляйбниц-институт аграрного розвитку в странах Центральной и Восточной Европы, 2007, Дискуссионные материалы № 111. – 35 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.iamo.de/dok/dp111.pdf>.

23. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства / Исследование ФАО, 2008. – 211 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://www.fao.org/>.

24. Черняковська М. Біодизель: порятунок від енергетичної кризи чи нагода заробити? / М. Черняковська // Новини агротехніки. – 2006. – № 6 (54). – С. 23–37.

25. Ashworth J. Properties of Alcohol Transportation Fuels / Ashworth J., James E.: prepared for the U.S. Department of Energy. [Электронный ресурс] / Режим доступа до документу : [hawaii.gov/dbedt/ert/new-fuel/files/afrw/afrw-01.pdf](http://hawaii.gov/dbedt/ert/new-fuel/files/afrw/afrw-01.pdf).

26. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. – К., 2008. – 54 с.

27. Базилюк А.В., Коваленко С.О. Тіньова економіка в Україні. – К.: НДЕІ Мінекономіки України, 1998. – 206 с.

28. Бондаренко Б.І., Жовтянський В.А. Проблема утилізації твердих побутових відходів і знешкодження небезпечних відходів в Україні: від проекту концепції – до державної науково-технічної програми /Енерготехнології та ресурсозбереження. – 2008. – № 4. – С. 63–69.

29. Будинок «нуль» енергії... тому що Земля і Сонце не виставляють рахунків: Зб. статей Укладач О.Б. Денис. – Львів: ЕКОінформ, 2008. – 336 с.

30. Вітроенергетика світу /Зелена енергетика. – 2006. – № 2 (22). – С.19.

31. Даковські М., Вянцковські С.-К. Про енергетику для споживачів та скептиків. – Львів: ЕКОінформ, 2007. – 212 с.

32. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянников, З. Рамазанова /Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2. – С.4–7.
33. Енергетика світу та України. Цифри та факти Г.К. Вороновський, С.П. Денисюк, О.В. Кириленко та ін. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005. – 404 с.
34. Енергетичні ресурси та потоки За заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2003. – 468 с.
35. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007. – 559 с.
36. Жовтянский В.А. Электрическая дуга – основа теплотехнических применений плазмы. Ч. I. Общие свойства электродуговой плазмы и особенности процессов теплопереноса /Пром. теплотехника. – 2007. – Т. 29, №4. – С. 13–22.
37. Жовтянський В.А. Стан виконання Комплексної державної програми енергозбереження та перспективи її послідовної реалізації /Проблеми загальної енергетики. – 2000. – № 1. – С. 36 – 41.
38. Кудря С., Тучинський Б. «Бізнесопридатність» вітроенергетики України /Докл. II Междунар. конф. «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». – Ялта, 2001. – С.89–91.
39. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
40. О развитии ветроэнергетики /Энергетика за рубежом. – 2006. – Вып. 1. – С.34–36.
41. Руденко М.Д. Енергія прогресу: Нариси з фізичної економії. – К.:Молодь,1998. – 528 с.
42. Склярів В.Ф. Необхідність прогнозування забезпечення екологічної та енергетичної політики /Екологічна безпека в аспекті

перспективного розвитку енергетики України. Громадські слухання: Зб. матеріалів. – К., 2008. – С. 36–37.

43. Стогній Б.С., Жовтянський В.А. Енергозбереження та енергетична безпека України /Проблеми загальної енергетики. – 2005. – № 12. – С. 7–14.

44. Дзядикевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Підручник / Ю.В. Дзядикевич, Р.Б. Гевко, М.В. Буряк, Р.І. Розум. – Тернопіль: Підручники і посібники. – 2014. – 336 с.

45. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали Колективна монографія в 2 т. за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – Т.1: Загальні засади енергозбереження. – К.: Академперіодика, 2006. – 510 с.; Т. 2: Механізми реалізації політики енергозбереження. – К.: Академперіодика, 2006. – 600 с.

46. Дзядикевич Ю.В. Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження / Ю.В. Дзядикевич, Р.І. Розум, М.В. Буряк // Інноваційна економіка. – Тернопіль. – 2011. – №2 [21]. – С. 119 – 122.

47. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>

48. [http://germany.agroua.net/news.php?id\\_menu2=&id\\_news=60](http://germany.agroua.net/news.php?id_menu2=&id_news=60)

49. <http://lib.vsau.vin.ua/old/html/oglad/oglad2.htm>