

КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ



КИЇВ 2025

М. В. Роїк,
О. М. Ганженко,
В. І. Кравчук,
В. М. Сінченко,
М. Я. Гументик,
Я. Д. Фучило,
В. В. Іваніна,
А. В. Фурса

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

**М. В. Роїк, О. М. Ганженко, В. І. Кравчук,
В. М. Сінченко, М. Я. Гументик, Я. Д. Фучило,
В. В. Іваніна, А. В. Фурса**

**КОНЦЕПЦІЯ
ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ
БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ**

Київ 2025

УДК 620.95; 633.28; 332.32; 338.432
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-12-8>

*Рекомендовано до опублікування вченою радою
Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
(протокол № 18 від 10 листопада 2025 р.)*

Рецензенти:

В. А. Доронін, доктор с.-г. наук, професор,

В. Т. Саблук, доктор с.-г. наук, професор

(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН)

Концепція виробництва і використання біопалива в Україні
/ М. В. Роїк, О. М. Ганженко, В. І. Кравчук, В. М. Сінченко, М. Я. Гументик,
Я. Д. Фучило, В. В. Іваніна, А. В. Фурса ; НААН України, Ін-т біоенергет.
культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКіЦБ НААН, 2025. 83 с.

ISBN 978-617-8706-12-8 (PDF)

У Концепції обґрунтовано потенціал аграрного сектору України щодо забезпечення сировинної бази для виробництва 37,4 млн т н. е. біопалива. Реалізація окреслених підходів дає змогу повністю замінити імпорт твердих і газо-подібних викопних енергоносіїв та суттєво скоротити залежність від імпортних рідких палив.

Документ погоджено Президією Національної академії аграрних наук України й передано до Офісу Президента України та Кабінету Міністрів України для подальшого опрацювання і врахування в державній енергетичній політиці.

УДК 620.95; 633.28; 332.32; 338.432
<https://doi.org/10.47414/978-617-8706-12-8>



Цей твір поширюється на умовах ліцензії CC BY-NC-SA 4.0
(Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International)

ISBN 978-617-8706-12-8 (PDF)

© Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН, 2025

© Колектив авторів, 2025

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	5
ВСТУП	6
Розділ 1. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ БІОЕНЕРГЕТИКИ	7
1.1. Ризики та особливості розвитку біоенергетики в умовах воєнного стану	7
1.2. Екологічні передумови розвитку відновлюваних джерел енергії	8
1.3. Дотримання принципів сталого розвитку під час виробництва і використання біопалива	12
1.4. Цілі України на шляху до побудови низьковуглецевої економіки	14
1.5. Біоенергетика – нові вимоги та можливості	16
Розділ 2. КОНЦЕПЦІЯ З ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ В УКРАЇНІ	21
2.1. Тенденції розвитку біогазового сектору	21
2.2. Переваги біогазу й біометану як поновлюваних енергоносіїв	22
2.3. Способи використання біогазу	24
2.4. Екологічні переваги виробництва біогазу	26
2.5. Потенціал біогазу і біометану в Україні	28
Розділ 3. КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ВИДІВ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ.....	32
3.1. Стан та перспективи розвитку виробництва і використання твердого біопалива в Україні	32
3.2. Використання деревних рослин для виробництва твердого біопалива	34
3.3. Потенціал земельних ресурсів України для вирощування біоенергетичних рослин	35
3.4. Стимулювання вирощування та розмноження біоенергетичних культур	36
Розділ 4. КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ.....	42
4.1. Світові тенденції виробництва та використання біоетанолу	42
4.2. Сировина для виробництва біоетанолу в Україні	45

Розділ 5. ПОПЕРЕДНЄ ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ У СКЛАДІ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД (ОТГ)	51
5.1. Організаційні та техніко-економічні передумови створення в Україні біоенергетичних кластерів	51
5.2. Виробнича структура й основні види продукції біоенергетичних кластерів	55
5.3. Економічна ефективність виробництва основних видів рослинницької продукції в розрахунку на 1 га	58
5.4. Окупність інвестицій у біоенергетичному комплексі	61
Розділ 6. ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2035 РОКУ	67
6.1. Забезпечення сировинної бази для розвитку біоенергетики	69
6.2. Створення матеріально-технічної бази біоенергетики	71
6.3. Муніципальна біоенергетика	73
6.4. Нормативно-правове, фінансове забезпечення	74
6.5. Очікувані результати	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
ДОДАТКИ	82

Перелік умовних позначень

ВД	–	воєнні дії;
ВДЕ	–	відновлювані джерела енергії;
ВЕС	–	вітрова електростанція;
ГАЕС	–	гідроакумулювальна електростанція;
ГЕС	–	гідроелектростанція;
ГРС	–	газорозподільча система;
ГТС	–	газотранспортна система;
ЕСУ	–	Енергетична стратегія України
ЄЗК	–	Європейський зелений курс;
ЄС	–	Європейський Союз;
ЗППЕ	–	загальне постачання первинної енергії;
ІБКіЦБ	–	Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків;
КВВП	–	коефіцієнт використання відновлюваних потужностей;
КМУ	–	Кабінет Міністрів України;
КУ	–	когенераційна установка;
НААН	–	Національна академія аграрних наук України;
НПЗ	–	нафтопереробний завод;
ОЕС	–	об'єднана енергетична система;
ПГ	–	парникові гази;
ПКУ	–	Паризька кліматична угода;
СЕС	–	сонячна електростанція;
т н. е.	–	тонн нафтового еквівалента;
т ум. п.	–	тонн умовного палива;
ТЕС	–	теплоелектростанція;
ТЕЦ	–	теплоелектроцентрально;
ЦО	–	центральне опалення.

ВСТУП

Унаслідок воєнних дій уже втрачено понад 25 % посівних площ, а також значною мірою пошкоджено та виведено з експлуатації 5 % земель сільськогосподарського призначення. Істотних руйнувань зазнали об'єкти інфраструктури сільськогосподарської, складської, транспортної, енергетичної та переробної галузей. Це формує додаткові перспективи для розвитку біоенергетики в Україні на основі розширення площ біоенергетичних культур, які можуть ефективно вирощуватись на пошкоджених унаслідок бойових дій землях та забезпечувати поступове відновлення їх родючості.

Загострення екологічних проблем спонукає людство до пошуку шляхів виробництва і використання відновлюваних джерел енергії, що визнано одним із пріоритетів світової економіки [1, 4, 19, 24, 35]. Підтвердженням цього слугує підписання Паризької кліматичної угоди, яка передбачає уповільнення темпів зростання середньорічної температури через приведення у другій половині ХХІ століття викидів парникових газів до рівня, який природа здатна переробляти без шкоди для себе [2, 6, 11, 14, 15, 22, 28, 36, 39]. З цією метою передбачається щорічно залучати 100 млрд дол. США для заміни традиційних джерел енергії відновлюваними, серед яких значне місце посідає біоенергетика.

Щорічно Україна імпортує викопні енергоносії майже на 15 млрд дол. США, водночас не достатньо задіяний потенціал відновлюваних джерел енергії, на які багата наша держава [41]. Позитивним є те, що динаміка останніх років засвідчує збільшення частки відновлюваних джерел енергії в енергобалансі держави. Зокрема, якщо у 2012 році обсяги заміщення природного газу біопаливом становили лише 1,1 млрд м³, то у 2020-му – 5,2 млрд м³ [42]. Однак це значно менше від загальносвітового рівня, адже частка біоенергетики у структурі світового енергоспоживання перевершує 16 %.

Ураховуючи сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування рослин, найперспективнішим видом біоенергетики для України є фітоенергетика, яка базується на біосировині рослинного походження. До основних переваг рослинної біомаси як джерела енергії можна віднести екологічну чистоту викидів порівняно з викопними видами палива, відсутність негативного впливу на баланс вуглекислого газу в атмосфері. Під час згорання біопалива на основі рослинної біомаси в атмосферу викидається менше вуглекислого газу, ніж поглинається рослинами в процесі фотосинтезу, утворюється у 20...30 разів менше оксиду сірки і в 3...4 рази менше золи порівняно з вугіллям [56]. Побічним продуктом у процесі виробництва рідкого та газоподібного біопалива і в результаті згорання твердого біопалива є органічна речовина, яку можна використовувати як добриво [55].

Отже, розширення виробництва і використання різних видів біопалива забезпечить енергетичну, а отже й економічну незалежність України та поліпшить стан довкілля. Для забезпечення подальшого зростання галузі біоенергетики необхідно створити достатню кількість високоякісної сировинної бази, провідне місце у формуванні якої відводиться біоенергетичним культурам [53].

РОЗДІЛ 1.

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ БІОЕНЕРГЕТИКИ

1.1. Ризики та особливості розвитку біоенергетики в умовах воєнного стану

Біоенергетика вдало поєднує виробництво і використання відновлюваних джерел енергії, створених у результаті сільськогосподарської діяльності. Тому ризики та особливості роботи біоенергетики на час війни можна розділити на два складники: сільськогосподарський та енергетичний. Окрім того, слід відзначити виклики галузі біоенергетики, що не були подолані до початку війни: складність організації виробництва, повільність розвитку вітчизняного ринку та культури споживання зеленої енергії. На основі цього можна сформулювати ряд ключових ризиків для розвитку української біоенергетичної галузі:

- неможливість спрогнозувати тривалість війни;
- зміни у законодавстві, внаслідок впровадження воєнного стану є непередбачуваними, що ускладнює довгострокове планування розвитку галузі біоенергетики та залучення інвестицій;
- припинення імпорту нафтопродуктів з країн-агресорів та заблоковані морські шляхи вимагають різкого збільшення частки етанолу в бензині та виробництва біодизелю;
- зупинка / знищення вітчизняних виробничих потужностей НПЗ по виготовленню бензину (30 % нафтопродуктів) унеможливує використання в ньому частки вітчизняного етанолу, оскільки з-за кордону надходить уже готовий продукт;
- територіальна строкатість розподілу потужностей з виробництва та споживання зеленої енергії;
- прив'язка ціни енергії, отриманої з біопалива до вартості традиційних енергоносіїв, які досить часто дотуються для державних підприємств та приватних споживачів;
- залежність собівартості виробництва і використання біопалива від ринкової вартості матеріально-технічних засобів (добрив, насіння, засобів захисту рослин тощо);
- основна частка ТЕС та ТЕЦ має фізично зношене та морально застаріле обладнання не здатне працювати на біопаливі;
- не досліджений інфраструктурний потенціал України щодо виробництва різних видів біопалива та експортування його до ЄС;
- потреба забезпечення галузі кваліфікованим персоналом що повинен поєднувати агрономічні та технічні компетенції.

Також унаслідок опосередкованого впливу бойових дій і переміщення споживачів у західні регіони країни та за кордон зменшився попит на енергоносії на 35 % порівняно із 2021 роком. Виїзд із країни працездатного населення та його значна міграція в межах країни по суті є втратою трудових ресурсів та має суттєвий негативний вплив на розвиток галузі біоенергетики, адже релокація бізнесу, пов'язаного з вирощуванням багаторічних біоенергетичних культур та їх перероблянням, потребує багато часу.

1.2. Екологічні передумови розвитку відновлюваних джерел енергії

Розвиток людської цивілізації супроводжується постійним зростанням споживання енергетичних ресурсів. Зокрема, впродовж останніх 50 років світові обсяги споживання енергії зросли майже у 2,6 раза – із 66,3 ПВт-год у 1973 році до 172,1 ПВт-год у 2023-му. При цьому споживання нафтопродуктів за цей час зросло у 1,7 раза, вугілля – у 2,6 раза, природного газу – у 3,5 раза (рис. 1.1). Станом на 2023 рік 81,6 % енергії у світі виробляється з викопних видів палива: нафти (31,5 %), вугілля (26,3 %) та природного газу (23,7 %), і лише 18,4 % – це енергія, вироблена за низьковуглецевими технологіями: атомна (3,9 %) та відновлювані джерела енергії (14,5 %) [3, 5, 12, 17, 20].

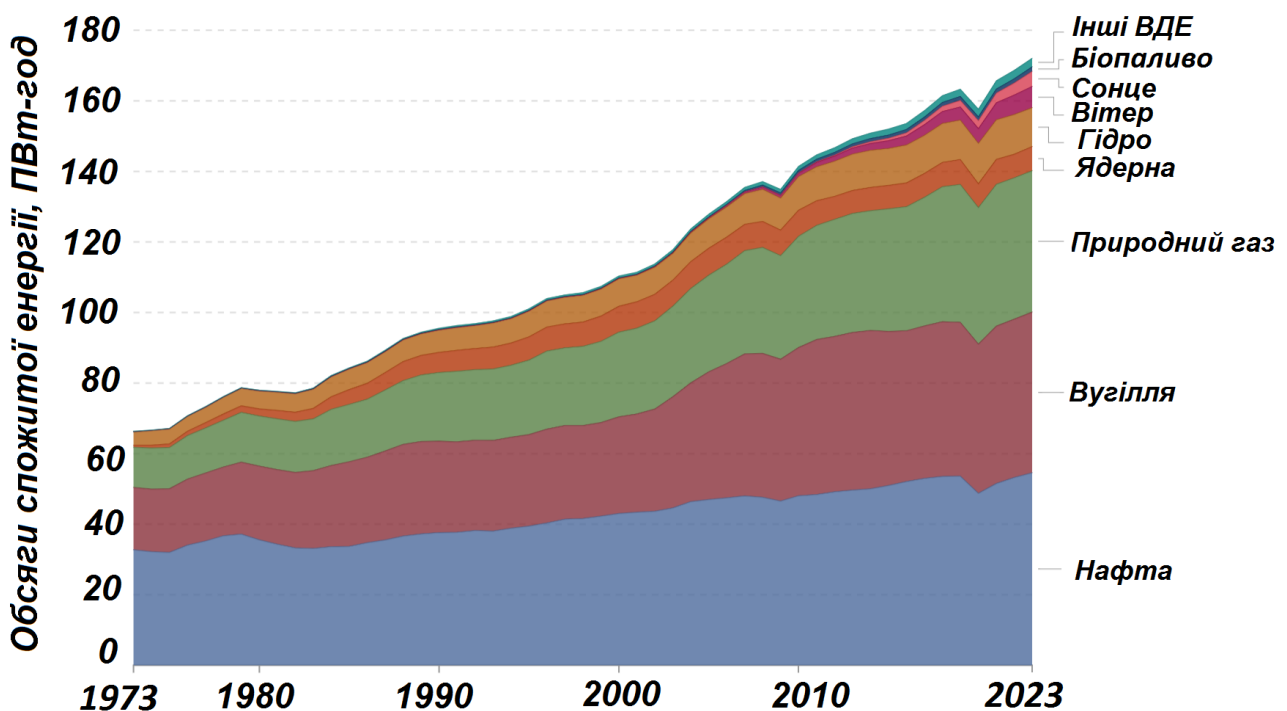


Рис. 1.1. Динаміка та структура світового споживання енергії [12]

Таке інтенсивне використання викопних джерел енергії впродовж останніх 50 років призвело до зростання викидів парникових газів в атмосферу Землі у 2,2 раза. Зокрема, якщо у 1973 році емісія вуглекислого газу від спалювання викопних енергоносіїв становила 17,1 млрд т, то за 2023 рік в атмосферу потрапило вже 37,8 млрд т CO_2 (рис. 1.2). Це призвело до зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері Землі, що стало причиною глобальних змін клімату, головним індикатором яких є помітне зростання середньої температури повітря на планеті [4, 10, 35].

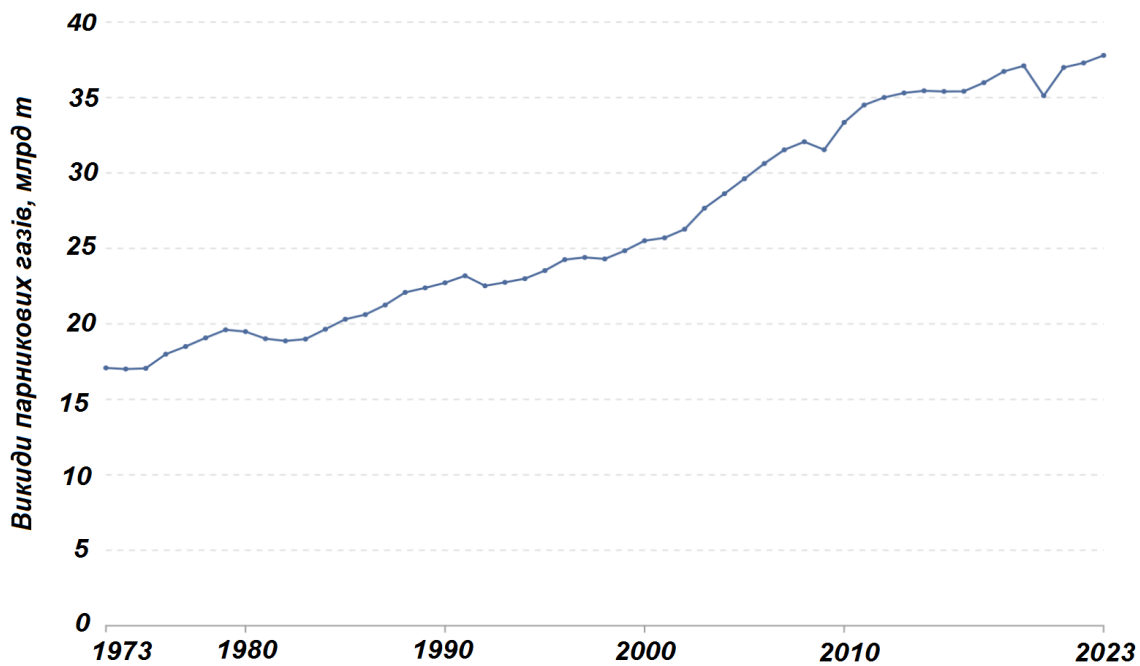


Рис. 1.2. Глобальні викиди вуглекислого газу від спалювання викопних палив [10]

Проаналізувавши структуру світових викидів парникових газів за галузями виробництва, можна дійти висновку, що майже три чверті викидів генерується в галузі енергетики (73,2 %), майже п'ята частина – у галузі сільськогосподарського виробництва (18,4 %), а решта – у промисловості (5,2 %) та з відходів (3,2 %) (рис. 1.3). Цілий ряд галузей та процесів сприяють глобальним викидам, тому немає єдиного або простого рішення для боротьби зі зміною клімату. Зосередження лише на електроенергії, транспорті, продуктах харчування або вирубуванні лісів є недостатнім. Навіть якщо повністю вдасться декарбонізувати виробництво електроенергії, потрібно буде електрифікувати опалювальний сектор та автомобільний транспорт, крім того, залишилися б викиди від судноплавства та авіації, для вирішення яких ще відсутні низьковуглецеві технології [1, 19, 24, 30].

Отже, для побудови кліматично нейтральної економіки потрібні системний підхід та інновації у багатьох секторах економіки, особливо в енергетичній сфері та агропромисловому комплексі.

З огляду на це, заміна викопних видів палива на відновлювані джерела енергії є першим і найдієвішим кроком на шляху до вуглецево нейтральної економіки, яка має бути досягнута до кінця поточного століття. Однак на сьогодні частка відновлюваних джерел енергії у структурі загального енергоспоживання становить у світі лише 14,5 %, а у європейських країнах – 24,5 % [33]. Світовими лідерами у сфері виробництва і використання ВДЕ є Ісландія, Норвегія та Швеція, де понад 50 % енергії виробляється з відновлюваних джерел (рис. 1.4). В Україні частка ВДЕ становить лише 6,6 % від загальних обсягів постачання первинної енергії [42], що значно менше порівняно з іншими європейськими країнами.

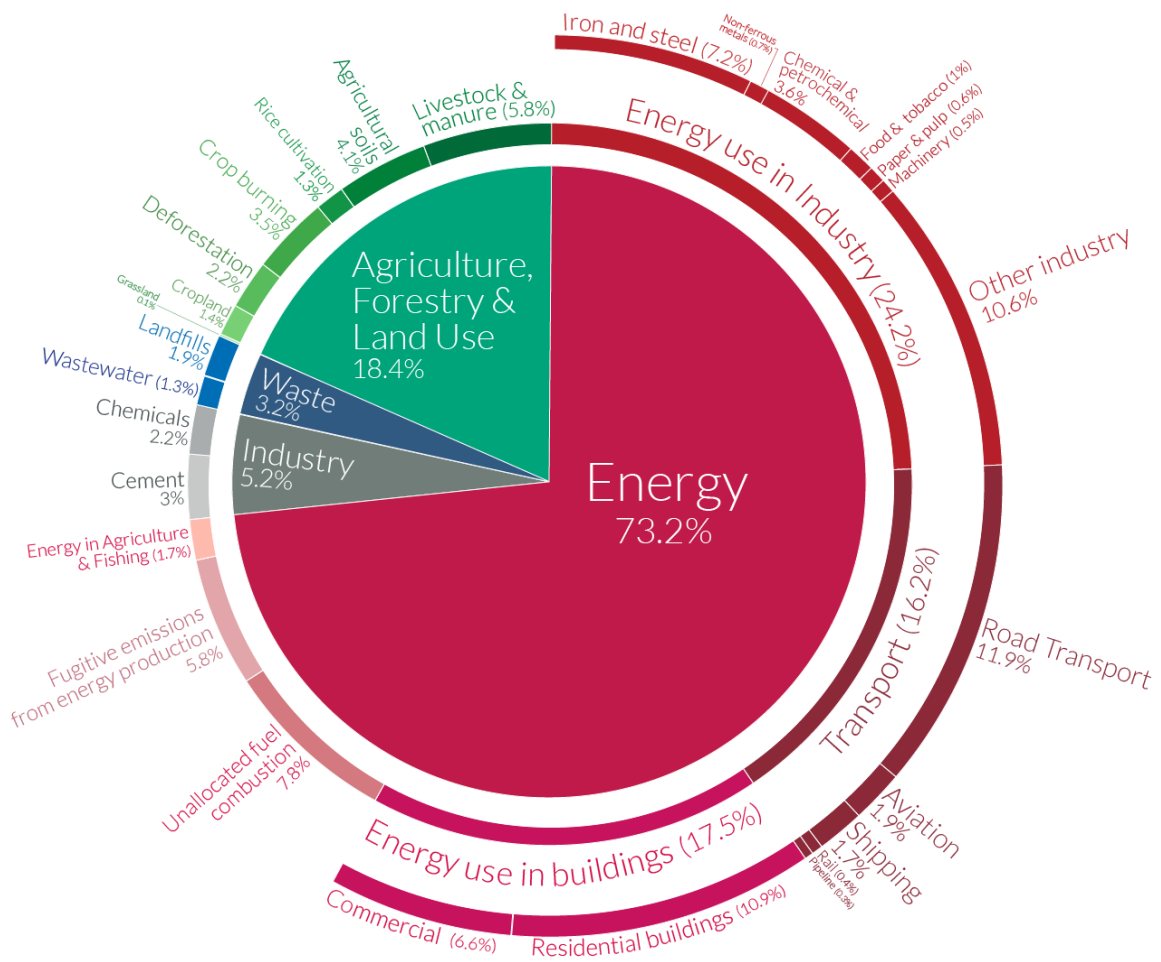


Рис. 1.3. Структура викидів вуглекислого газу за галузями [30]

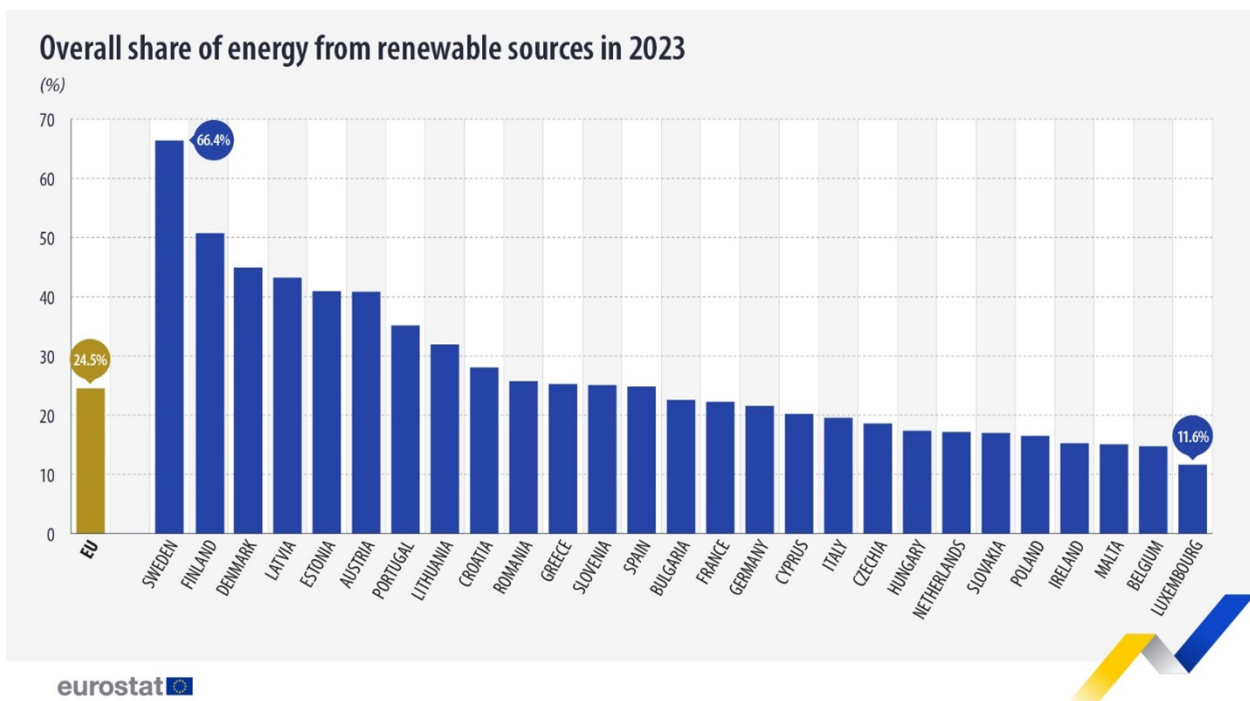


Рис. 1.4. Частка відновлюваних джерел енергії у структурі енергоспоживання різних європейських країн [66]

Пошук шляхів виробництва і використання ВДЕ є одним із пріоритетів світової економіки. Підтвердженням цього є підписання 195 країнами (включаючи Україну) нової Кліматичної угоди, яка передбачає уповільнення темпів зростання середньорічної температури, шляхом приведення у другій половині ХХІ століття викидів парникових газів до рівня, який природа здатна переробляти без шкоди для себе. Нова кліматична угода не містить конкретних кількісних зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів чи зменшення використання викопних палив. Натомість у ній передбачено рамкову ціль щодо обмеження підвищення глобальної температури нижче 2 °С, а бажано – 1,5 °С порівняно із доіндустріальним рівнем [6, 11, 15, 14, 22, 28, 39, 36].

Кожна з країн-учасниць угоди самостійно вирішує, які механізми потрібні для досягнення поставлених цілей, водночас що п'ять років країни подають національно визначені внески, де зазначають свої індивідуальні кількісні зобов'язання щодо скорочення викидів [23]. Зокрема США заявили про скорочення викидів парникових газів на 50–52 % до 2030 року порівняно з рівнем 2005 року [25], Японія зобов'язалася скоротити викиди до 2030 року вдвічі (від рівня 2005 року) [26]. Індія до 2030 року планує ввести 450 ГВт потужностей ВДЕ [26]. Країни Європейського Союзу зобов'язались на 55 % зменшити викиди парникових газів до 2030 року, а Великобританія – на 78 % до 2035 року (від рівня 1990 року) [21]. Ураховуючи великі площі вічної мерзлоти росія береться здійснювати моніторинг за викидами метану [26]. Китай задекларував поступове скорочення кількості вугільних ТЕС та відмову від вугілля.

У грудні 2019 року Європейська Комісія прийняла Європейський зелений курс (ЄЗК) – комплекс заходів, який визначає політику ЄС на найближчі роки у таких сферах, як клімат, енергетика, біорізноманіття, промислова політика, торгівля тощо [7, 8, 9, 16, 18, 27, 31, 32, 34, 37, 38]. Основна мета цього курсу – сталий зелений перехід Європи до кліматично нейтрального континенту до 2050 року. На сьогодні Європейська Комісія підготувала пропозицію щодо регламенту «Європейський кліматичний закон» [29], яким на рівні законодавства ЄС пропонує закріпити цілі та шляхи досягнення кліматичної нейтральності ЄС до 2050 року. Водночас ЄЗК вимагає перегляду чинних кліматичних цілей ЄС до 2030 року, які стають проміжними для Європейського зеленого курсу, – підвищити скорочення викидів ПГ із 40 % до 50–55 % (порівняно з 1990 роком), та відповідних політик та інструментів, необхідних для їхнього досягнення. Крім того, Європейська Комісія пропонує запровадити заходи карбонового протекціонізму [13] виробників ЄС через механізм карбонового коригування імпорту (англ. *carbon border adjustment mechanism*).

Отже, світова спільнота як ніколи раніше занепокоєна негативними екологічними тенденціями, спричиненими, передусім, інтенсивним використанням викопних видів палива та об'єднує зусилля для їх подолання. З огляду на це, розвиток біоенергетики, як складової частини ВДЕ, є необхідною передумовою для вирішення глобальних викликів, пов'язаних зі зміною клімату.

1.3. Вимоги оновленої директиви щодо сталого розвитку біоенергетики

Екологічні аспекти виробництва та використання біопалива в Європі вписані у Вимогах Сталості [59, 60, 67]. 20 листопада 2023 року набула чинності Директива (ЄС) 2023/2413 [67], якою вносяться зміни до Директиви (ЄС) 2018/2001 [59] та інших правових документів ЄС щодо сприяння використанню енергії з ВДЕ. Цією Директивою встановлено нові цілі на шляху до переходу на вуглецево нейтральну економіку. Зокрема, країни ЄС мають спільно забезпечити, щоб у 2030 році частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії становила щонайменше 42,5 %, з індикативним збільшенням до 45 %. Крім того, країни ЄС мають установити індикативну ціль для інноваційних технологій ВДЕ на рівні принаймні 5 % нових потужностей до 2030 року. Основні вимоги оновленої Директиви наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Основні цілі для країн ЄС відповідно до оновленої директиви 2023/2413 [67]

Дедлайн	Мета
До 21 лютого 2024 р.	Поки кліматична нейтральність не буде досягнута, країни ЄС повинні забезпечити, щоб у процедурі надання дозволів на планування, будівництво та експлуатацію станцій ВДЕ, підключення таких установок до мережі, сама мережа та накопичувачі вважалися такими, що переважають суспільні інтереси та сприяють здоров'ю та безпеці.
До 21 травня 2025 р.	Країни ЄС повинні ввести в дію закони, підзаконні акти та адміністративні положення, необхідні для виконання Директиви (ЄС) 2023/2413.
До 21 травня 2025 р.	Країни ЄС повинні провести скоординоване картографування територій придатних для розгортання ВДЕ. Таким чином буде визначено внутрішній потенціал і доступну поверхню землі, підземні, морські або внутрішні водні райони, необхідні для встановлення станцій та пов'язаної з ними інфраструктури, зокрема електромереж та накопичувачів.
До 31 грудня 2025 р.	Кожна країна ЄС повинна надати погодження співпраці над спільними проектами з однією або декількома іншими державами ЄС щодо виробництва енергії з ВДЕ.
До 21 лютого 2026 р.	Країни ЄС повинні забезпечити, щоб уряд ухвалив один або більше планів територій, що будуть зонами прискорення ВДЕ (визначених Директивою як renewables acceleration area). Країни мають визначити земельні, внутрішні водні та морські райони, де не очікується, що впровадження певного типу або конкретних типів ВДЕ матиме значний вплив на навколишнє середовище. При цьому пріоритет має надаватись забудовам, таким як: дахи та фасади будівель, транспортна інфраструктура та її безпосереднє оточення, паркувальні майданчики, ферми, сміттєзвалища, промислові майданчики, шахти, штучні внутрішні водойми, озера чи водосховища, деградовані землі, непридатні для сільського господарства.
До 2030 року	Країни ЄС повинні забезпечити, щоб у частці відновлюваного палива небіологічного походження щонайменше 42 % належало водню, який використовується у промисловості (60 % до 2035 р).
До 2030 року	Країни ЄС повинні забезпечити, щоб частка ВДЕ в кінцевому споживанні енергії в транспортному секторі становила не менше ніж 29 %. Держави ЄС, що мають морські порти, повинні докладати зусиль для того, щоб станом на 2030 рік частка відновлюваного палива небіологічного походження в секторі морського транспорту становила щонайменше 1,2 %.

Відповідно до Директиви, країни ЄС повинні забезпечити, щоб органи влади на національному, регіональному та місцевому рівнях включали положення щодо інтеграції та розгортання ВДЕ, у тому числі для власного споживання під час планування, проєктування, будівництва та реконструкції міської інфраструктури, промислових, комерційних або житлових районів, енергетичної та транспортної інфраструктури.

Влада на місцях також повинна охоплювати технології ВДЕ у секторі опалення та охолодження під час планування міської інфраструктури, а також проводити консультації з операторами мереж, щоб відобразити вплив енергоефективності під час споживання енергії.

Країни ЄС повинні сприяти ухваленню проєктів з ВДЕ громадськістю шляхом прямої та опосередкованої участі місцевих громад у цих проєктах. Крім того, має бути забезпечена участь громадськості у розроблянні планів визначення зон прискорення використання ВДЕ.

Щоб мати достатню спроможність на втілення проєктів, країни ЄС мають забезпечити наявність навчальних програм, що охоплюватимуть навчання технологій опалення та охолодження з використанням ВДЕ, сонячних фотоелектричних систем, включаючи накопичувачі енергії, пункти підзарядки, що дають змогу реагувати на попит.

Водночас до 21 листопада 2024 року Єврокомісія повинна забезпечити створення бази даних ЄС для відстеження рідкого та газоподібного відновлюваного палива та переробленого вуглецевого палива, а до 31 грудня 2025 року – затвердити створення позначки маркування для нових установок ВДЕ. Виробники ж будуть використовувати інформацію, що міститься в гарантіях походження, щоб продемонструвати відповідність вимогам такого маркування.

Біомаса та біопаливо, які не відповідають вимогам сталості, передбаченим у директиві, не зараховуються до нових високих нормативних часток відновлюваної енергії і тому виключаються з програм підтримки у країнах ЄС та країнах-членах. Іншими словами, біопалива, які не відповідають установленим вимогам, зникнуть із ринку ЄС, а місцеві та закордонні постачальники будуть змушені підтверджувати дотримання нових установлених вимог. Це означає, що Вимоги Сталості не забороняють виробництво несталих біопалив як таких, але виключають їх з державних програм підтримки. Для отримання переваг, виробники сировини та біопалива повинні надавати достатньо доказів виконання Вимог сталості.

1.4. Цілі України на шляху до побудови низьковуглецевої економіки

Україна не забезпечена в достатній кількості власними викопними джерелами енергії і змушена імпортувати значні обсяги енергоресурсів, на що витрачає близько 15 млрд дол. США щорічно [41]. Тому розвиток відновлюваної енергетики сприятиме укріпленню енергетичної, економічної і політичної безпеки нашої держави. Незважаючи на це, в Україні недостатньо уваги приділяється розвитку відновлюваних джерел енергії, частка яких станом на 2020 рік становила лише 6,6 % [42]. Це значно менше порівняно з іншими країнами Європи. Серед відновлюваних джерел енергії в Україні найбільшого розвитку набуло виробництво і використання біологічних видів палива, частка яких у кінцевому енергоспоживанні становить 4,5 %.

Отже, розвиток виробництва біоенергетичних культур дасть змогу зменшити залежність України від імпортних енергоносіїв та сприятиме створенню сталої сировинної бази для виробництва різних видів біопалива.

Цілі України щодо розвитку ВДЕ встановлені у ключових стратегічних документах. Енергетична стратегія України до 2035 року (Розпорядження КМУ № 605-р від 18.08.2017) передбачає розширення використання різних видів відновлюваної енергетики, що стане одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки нашої держави [43]. У коротко- та середньостроковій перспективі (до 2025 року) стратегія прогнозує зростання частки альтернативної енергетики до рівня 12 % від загального постачання первинної енергії та не менше ніж 25 % – до 2030 року (рис. 1.5).

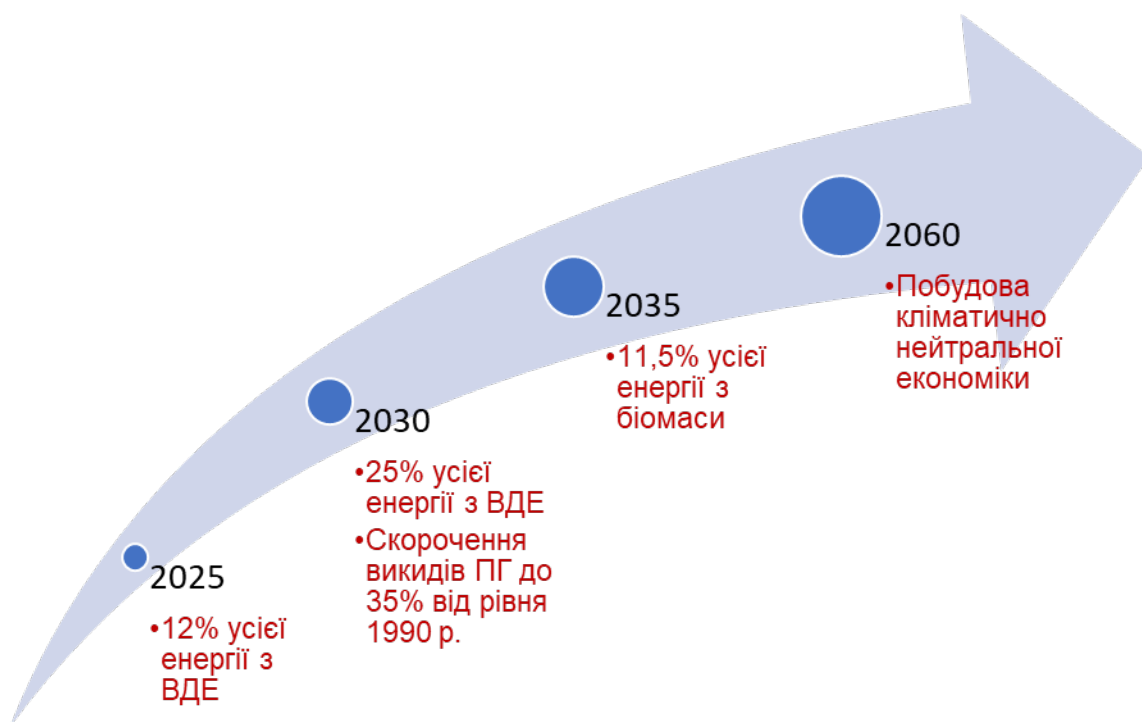


Рис. 1.5. Цілі України щодо сприяння розвитку ВДЕ

Водночас енергетична стратегія передбачає зростання сектору біоенергетики, який використовує тверде біопаливо та біогаз як енергоресурс, що забезпечить з одного боку відносну сталість виробництва біопалив, за наявності достатньої ресурсної бази, з іншого – створить передумови для формування генеруючих потужностей на місцевому рівні. Пріоритет буде надаватися одночасній генерації теплової та електричної енергії у когенераційних установках, а також заміщенню вугле-водневих викопних видів палива. Передбачається, що до 2035 року біоенергетична галузь постачатиме 11 млн т н. е. біопалива, що становитиме 11,5 % у структурі загального постачання первинної енергії [43]. Енергетична стратегія передбачає збільшення використання біомаси у виробництві електро- та теплоенергії завдяки створенню конкурентних ринків біопалива, стимулюванню використання біомаси як палива підприємствами, на яких біомаса є залишковим продуктом, а також інформуванню щодо можливостей використання біомаси як палива в індивідуальному тепlopостачанні.

Одним із основних орієнтирів економіки України згідно з Національною економічною стратегією до 2030 року (Постанова КМУ № 179 від 03.03.2021) є декарбонізація економіки, підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки за принципами сталого розвитку та синхронізація з цілями «Європейський зелений курс». У стратегії передбачається сформувати частку генерації електроенергії з ВДЕ на рівні 25 % у загальному балансі, водночас планується залучити 10 млрд дол. США інвестицій у відновлювану енергетику [46]. Також відмічається, що електрогенерувальні потужності з використанням відновлюваних джерел енергії характеризуються низькою маневреністю та високою залежністю від погодних умов. Це знижує можливості прогнозування попиту та пропозиції на ринку електроенергії. Водночас, окрім зниження рівня маневреності системи електрогенерації, збільшення частки ВДЕ призвело до появи технологічних викликів, пов'язаних з необхідністю балансування системи в певні періоди часу, а також до обмеження частки ВДЕ у виробництві електроенергії, що призводить до перевиробництва енергії та ускладнює або взагалі унеможливує подальше підключення потужностей ВДЕ за поточних умов. Паралельно розглядається можливість використання залишку енергії для виробництва біоводню з метою подальшого його експорту до ЄС.

У Звіті з оцінки відповідності (достатності) генерувальних потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році (Постанова КМУ № 975 від 16.06.2021) відмічається, що найвагомим чинником трансформації умов функціонування об'єднаної електроенергетичної системи України на сьогодні є швидке впровадження електричних станцій з негарантованою потужністю з відновлюваних джерел енергії, що не супроводжуються паралельним вводом регульованих потужностей з відповідними характеристиками та обсягами. Навіть в умовах зразкової роботи ринку допоміжних послуг, забезпечення необхідних обсягів резервів на наявному працюючому обладнанні є неможливим. Тому, наразі майже щодня порушуються вимоги до забезпечення необхідних обсягів резервів. Водночас звіт передбачає зростання частки ВДЕ (включно з гідроелектростанціями) до 2030 року до 20 % за базовим та до 16,4 % – за цільовим сценарієм [45].

Згідно з оновленим національним визначеним внеском України до ПКУ частка ВДЕ (включно з великими ГЕС та ГАЕС) у виробництві електроенергії до 2030 року має становити 30 %. Водночас передбачається, що обсяг викидів парникових газів в Україні до 2030 року не перевищуватиме 35 % від рівня 1990 року, а повної кліматичної нейтральності заплановано досягти не пізніше 2060 року [40].

Отже, аналіз світових та вітчизняних стратегій засвідчує пріоритетність розвитку галузі відновлюваних джерел енергії, що є найдієвішим чинником для пом'якшення негативних змін клімату. Водночас, ураховуючи низьку маневреність електрогенерації та високу залежність від погодних умов, повний перехід на виробництво електроенергії з ВДЕ пов'язаний зі значними проблемами. З огляду на це, для України прийнятнішою є стратегія, спрямована на розвиток твердого, рідкого та газоподібного біопалива (біометану), виготовленого з біоенергетичних культур.

1.5. Біоенергетика – нові вимоги та можливості

Ця концепція базується на нормативно-правових актах України, зокрема Енергетичній стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [43], Енергетичній стратегії України на період до 2050 року [44], на даних Державної служби статистики України [42], адаптованих базових показниках Проекту Плану відновлення України за розділами «Енергетична безпека» [47] та «Нова аграрна політика» [48].

Енергетична стратегія України на період до 2050 року передбачає кілька сценаріїв розвитку безпеки та економіки, які залежать від термінів закінчення війни, темпів зростання ВВП, демографічної ситуації та інтеграції України до Європейського Союзу.

Україна має потенціал до 2050 року наростити потужності вітрової генерації – до 140 ГВт, сонячної – до 94 ГВт, накопичувачів енергії (energy storage) – до 38 ГВт, атомної генерації – до 30 ГВт, ТЕЦ та біоенергетичних потужностей – до 18 ГВт, гідрогенерації – до 9 ГВт [44].

Загалом інвестиційні можливості для нових енергетичних потужностей становлять 383 млрд дол. США. Зокрема, вітрової генерації – 134 млрд дол., сонячної – 62 млрд дол., водневих технологій – 72 млрд дол., energy storage – 25 млрд дол., атомної генерації – 80 млрд дол. і систем передачі – 5 млрд дол., гідроенергетики – 4,5 млрд дол. США.

За попередньою ЕСУ [43] передбачалося, що частка енергії з біомаси, біопалива та відходів на період до 2035 року становитиме 11,5 % (табл. 1.2).

Прогнозується зростання частки електроенергетичної галузі, яка використовує тверду біомасу та біогаз як енергоресурс, що зумовлюватиметься як відносною сталістю виробництва (за наявності ресурсної бази), так і тенденцією до формування локальних генерувальних потужностей. Перевага віддаватиметься одночасному виробництву теплової та електричної енергії в когенераційних установках і заміщенню вуглеводневих видів палива.

Структура загального первинного постачання енергії [43]

Найменування джерел первинного постачання енергії	2020 р.	2025 р. (прогноз)	2030 р. (прогноз)	2035 р. (прогноз)
Усього, млн т н. е.	82,3	87	91	96
у т. ч. біомаса, біопаливо та відходи, млн т н. е.	4	6	8	11
біомаса, біопаливо та відходи, %	4,9	6,9	8,8	11,5

Ринок ВДЕ (включно з використанням біомаси) передбачає:

Досягти до 2025 року

- проведення стабільної та прогнозованої політики щодо стимулювання будівництва СЕС та ВЕС;
- проведення міжнародних комунікаційних кампаній для заохочення входу на ринок ВДЕ України міжнародних стратегічних та фінансових інвесторів;
- будівництво та введення 5 ГВт потужностей ВДЕ (окрім ГЕС великої потужності);

• збільшення використання біомаси у генерації електро- та теплоенергії шляхом:

- ✓ стимулювання використання біомаси як палива на підприємствах, де біомаса є залишковим продуктом;
- ✓ інформування про можливості використання біомаси як палива в індивідуальному тепlopостачанні;
- ✓ сприяння створенню конкурентних ринків біомаси.

До 2030 року

- стимулювання будівництва СЕС та ВЕС, сприяння створенню системи прогнозування генерації електроенергії;
- введення в експлуатацію нових агрегатів ГЕС та ГАЕС (за умови підтвердження екологічної безпеки проєктів);

• збільшення використання гео- та гідротермальної енергії при генерації теплоенергії;

- збільшення використання біомаси у генерації електро- та теплоенергії;
- стимулювання генерації електроенергії малопотужними установками ВДЕ;

• забезпечення реалізації проєктів з децентралізації енергопостачання на місцевому рівні (на основі використання відновлюваної енергетики, «розумних мереж», підвищення енергоефективності);

• створення умов для формування системи з логістичного забезпечення й інфраструктури для збирання біологічної сировини та подальшого її транспортування;

• вивчення можливості та, за доцільністю, впровадження використання систем акумулювання для балансування енергетичної системи, зокрема з метою нівелювання нерівномірної роботи генерувальних потужностей ВДЕ;

• удосконалення механізму стимулювання виробництва енергетичного устаткування в Україні.

До 2035 року

Збільшення використання ВДЕ до 25 % від обсягів загального постачання первинної енергії (ЗППЕ) завдяки:

- уведенню в експлуатацію нових агрегатів ГЕС (за умови підтвердження екологічної безпеки проєктів);
- розширенню інфраструктури для транспортних засобів, що використовують неуглецеве паливо;
- забезпеченню роботи систем централізованого опалення (ЦО) на енергії з відновлюваних джерел (біопелети, побутове сміття тощо);
- заміщенню вуглецевих видів палива іншими видами там, де це є економічно виправданим і технічно можливим.

Запорукою виконання наведених вище завдань ЕСУ є успішна реалізація соціально-економічних реформ і підвищення якості державного управління.

За даними Державної служби статистики України [42], у 2020 році виробництво первинної енергії становило 57,0 млн т. н. е., що на 5,7 % менше, ніж у 2019-му. У структурі власного виробництва найбільшу частку мали: атомна енергія – 35,1 %, природний газ – 27,8 % та вугілля – 22,4 %, відновлювані джерела енергії (ВДЕ) – 10,3 %. У структурі загальних обсягів виробництва ВДЕ у 2020 році найвагомішу частку займали біопаливо та відходи – 75,4 % [42].

У структурі кінцевого споживання 47,8 млн т н. е., серед основних джерел енергії найбільшою залишається частка природного газу – 27,6 %, частка електроенергії становила 20,4 %, сирової нафти та нафтопродуктів – 20,3 %, вугілля та торфу – 12,2 %, теплоенергії – 15,0 %, біопалива та відходів – 4,5 % [42]. Кінцевими споживачами палива й енергії у 2020 році були: промисловість – 33 %, побутовий сектор – 28 %, транспорт – 17 %, торгівля та послуги – 10 %, неенергетичне споживання – 8 %, інші (сільське господарство, рибальство) – 4 %.

За даними Проєкту Плану відновлення України (розділ «Енергетична безпека»), станом на 31 грудня 2021 року встановлена потужність об'єднаної енергетичної системи ОЕС України становила 56,247 ГВт, з яких 14,5 % – електростанції, що працюють на ВДЕ [47].

Установлена потужність об'єктів ВДЕ в ОЕС України, які безпосередньо підключені до мереж і відпускають електричну енергію, становить: ВЕС – 1529 МВт; СЕС – 6365,3 МВт (зокрема, СЕС домогосподарств – 1205,3 МВт); БіоЕС – 254,2 МВт; мікро-, міні- та малі ГЕС – 192,9 МВт [47].

За даними цього ж джерела («Енергетична безпека»), залежно від коефіцієнта використання відновлюваних потужностей (КВВП) та рівнів електроспоживання, необхідна потужність СЕС і ВЕС може знаходитися в діапазоні, наведеному у таблиці 1.3, а у таблиці 1.4 прогностичний баланс електричної енергії ОЕС України на період до 2032 року [47].

Ці таблиці підкреслюють пріоритети використання біопалива у виробництві електричної енергії.

Виробництво біометану (до 1 млрд м³ на рік) та приєднання установок до газорозподільчої (ГРС) та газотранспортної (ГТС) систем України передбачено на 2023–2025 рр., а у 2026–2032 рр. – досягти до 2 млрд м³ на рік [47].

Таблиця 1.3

Можливості розвитку відновлюваної енергетики за сценаріями, ГВт*

Сценарії	2023	2025	2030	2035	2040	2050
Песимістичний:						
– СЕС	6,8	7,2	8,2	8,2	9,2	13
– ВЕС	2,8	3,3	4,3	4,7	4,4	7
– Станції на біопаливі	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Оптимістичний:						
– СЕС	8,25	9,2	12	18,5	35,3	58,6
– ВЕС	3,5	5,2	8	11,7	20	32
– Станції на біопаливі	0,3	0,9	2,4	3,9	5,2	7,9

* сценарні можливості розвитку малої гідроенергетики, що також належить до відновлюваної енергетики, наведені в наступних абзацах цього розділу.

За даними Проєкту Плану відновлення України «Нова аграрна політика» у контексті проблеми 2. «Розвиток аграрної інфраструктури» передбачається провадження у 2023–2025 роках концепції «смарт мікрогрід» – малі виробники зеленої електроенергії отримають право самостійно продавати вироблену електричну енергію у «своєму селі» [48].

Таблиця 1.4

**Прогнозний баланс електричної енергії ОЕС України
на період до 2032 року за цільовим сценарієм, млрд кВт·год**

Складники балансу	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Альтернативні джерела, прийняті в балансі	19,1	21,9	24,3	26,7	29,0	32,1	34,2	37,2	39,1	41,3
Частка ВДЕ, %	12	13,3	14,8	16,3	17,7	19,4	20,5	21,3	22,0	22,8
Приріст до попереднього року, %	28,3	11,7	11,1	10,4	8,3	9,6	5,6	4,1	3,1	3,7
зокрема: – ВЕС	7,8	8,9	9,9	11,2	12,4	13,5	14,5	15,8	16,8	17,9
– СЕС	9,2	10,2	11,1	11,6	10,2	13,3	13,8	14,7	15,2	15,9
– інші (включно зі станціями на біопаливі)	2,1	2,68	3,3	3,9	4,6	5,28	5,96	6,63	7,1	7,55
Частка ВДЕ з ГЕС, %	16	17,7	19,1	20,7	22,0	23,7	24,7	25,4	26,0	26,7

Проєктом Плану передбачено, що біогазом власного виробництва Україна може покрити 2 млрд м³ споживання за мінімальним тарифом у 500 євро за 1 тис. м³, що більше ніж удвічі нижче ціни на європейських біржах. Сировиною для виробництва біогазу стане кукурудзяний силос, солома, а також відходи та перегній у співвідношенні 20:50:30. Таке співвідношення обумовлено європейськими вимогами, згідно з якими за біометан, отриманий з органічних відходів з додаванням не більше ніж 25 % силосу від енергетичних культур, передбачається додаткова премія. Однак на сьогодні пріоритетом для України є забезпечення внутрішнього споживача біометаном, як альтернативою природного газу.

Досягнення часткової енергетичної незалежності передбачається збільшенням розвитку промислового виробництва біогазу, будівництвом 333 комплексів з перероблення органічних відходів та силосу на біогаз, забезпечення ринку 2 млрд м³ газу власного виробництва [47].

На фоні вище приведених Проєктів в Україні достатньо відомі інші перспективи розвитку галузі біоенергетики. Ця концепція науково обґрунтовує потенціальну можливість сільського господарства України виробити: твердого біопалива – 38,5 млн т (13,7 млн т н. е.); біогазу – 27,5 млрд м³ (23 млн т н. е.); біоетанолу – 1,2 млн т (0,7 млн т н. е.).

Отже, сільськогосподарський сектор економіки України може забезпечити сировинну базу для виробництва **37,4 млн т н. е.** біопалива, що дасть змогу повністю відмовитись від імпорту твердих і газоподібних викопних джерел енергії та зменшити залежність від імпортних рідких видів палив. Водночас можливе створення потужного експортного потенціалу біометану та твердого біопалива (паливних гранул, брикетів, щепи тощо).

Зазначене підтверджено дослідженнями ІБКіЦБ НААН та представлено у науковій роботі «Концепція виробництва і використання біопалива в Україні» зміст якої розкрито у наступних розділах.

РОЗДІЛ 2. КОНЦЕПЦІЯ З ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ В УКРАЇНІ

2.1. Тенденції розвитку біогазового сектору

Найбільш ефективним і універсальним енергоносієм з усіх біологічних видів палива є біогаз, який отримують з відновлюваної сировини й органічних відходів. Біогаз може застосовуватися на місці його виробництва для отримання електроенергії та тепла або після очищення і збагачення подаватися у загальну газотранспортну мережу [57].

Біогаз може застосовуватися як паливо на місці його виробництва. З біогазу можна виробляти електроенергію та додатково використовувати відхідне тепло, яке при цьому утворюється. Тому біогаз пропонує цікаві можливості для децентралізованого енергозабезпечення і являє собою перспективну альтернативу, зокрема для великих аграрних підприємств в Україні [57].

Біогаз, доведений до якості природного газу (біометану), може подаватися в загальну газорозподільну мережу, яка є відмінним шляхом транспортування біогазу до споживачів та енергонакопичувачів. На відміну від дорогих і мало-ефективних накопичувачів сонячної та вітрової енергії, газорозподільна мережа дає змогу майже без втрат поєднати виробництво і споживання енергії.

Крім того, виробництво біогазу створює додаткову зайнятість і є джерелом доходу, зокрема в сільській місцевості, де гостро відчувається нестача робочих місць. На відміну від вітрової і сонячної енергетики, одна біогазова установка може легко досягти показника 70–80 % у використанні «місцевого складника», що є суттєвою перевагою для економіки країни. До того ж, в Україні за умови інтенсивного господарювання, земельних угідь вистачить як для вирощування харчових культур, так і для потреб енергетичного сектору.

Організація місцевого виробництва біогазу відкрила б Україні шлях до Європи. Таку можливість пропонують Директиви про поновлювані джерела енергії (RED) 2009/28/ЄС [60] та (RED II) 2018/2001 [59], які, з-поміж іншого, зобов'язують країни-учасниці ЄС покрити принаймні 10 % кінцевого споживання енергії в транспортному секторі за рахунок поновлюваних джерел енергії. Згідно з цією Директивою, для того, щоб зараховуватися в країнах ЄС, біопаливо не обов'язково повинно походити з них. Головне, щоб воно відповідало встановленим критеріям поновлюваності.

Не всі країни ЄС зможуть власними силами досягти у своєму транспортному секторі використання частки біопального 10 %. Тут Україна могла б стати цікавим партнером. У результаті західноєвропейський споживач фінансував би розбудову інфраструктури в Україні, яка пізніше могла б стати для України фундаментом на шляху до енергетичної незалежності.

Якщо зараз правильно розставити акценти, біогаз може стати для України історією успіху, в якій будуть лише переможці.

Незважаючи на значний сільськогосподарський потенціал для виробництва біогазу, в Україні наразі експлуатується близько 55 біогазових заводів, при цьому 25 із них працюють на сировині сільськогосподарського виробництва, решта 30 – працюють на полігонах твердих побутових відходів (рис. 2.1).

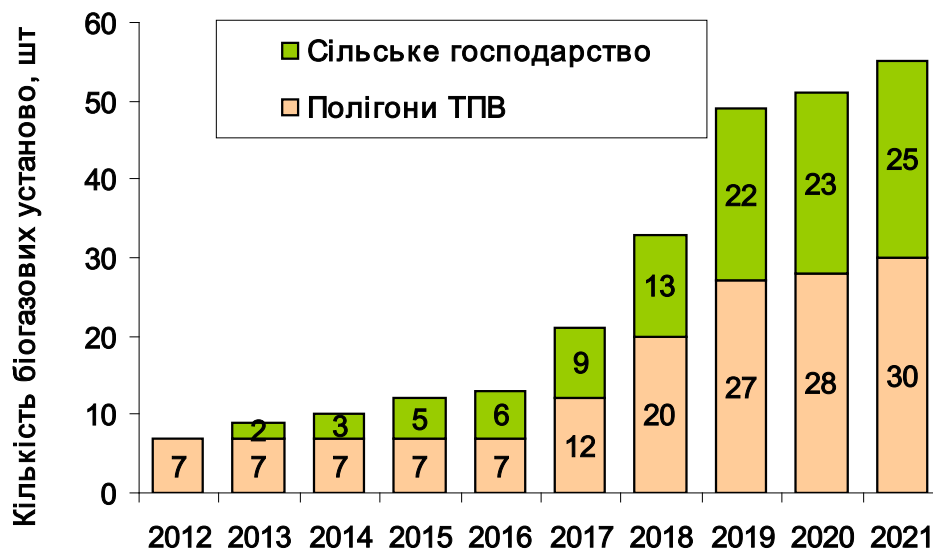


Рис. 2.1. Динаміка кількості біогазових заводів в Україні
(Джерело: Держенергоефективність України)

2.2. Переваги біогазу й біометану як поновлюваних енергоносіїв

Біогаз – це горючий газ, який утворюється у результаті бродіння різних видів біомаси і складається з метану (CH_4 : 50–75 %), вуглекислого газу CO_2 (25–50 %), водяної пари H_2O (0–10 %), азоту N_2 (0,01–5 %), кисню O_2 (0,01–2 %), водню H_2 (0–1 %), аміаку NH_3 (0,01–2,5 мг/м³) та сірководню H_2S (10–30 мг/м³). Основним компонентом біогазу є горючий газ метан, при згорянні якого вивільняється енергія. Уміст метану в біогазі багато в чому залежить від виду сировини і режимів роботи біогазового реактора.

Біогаз утворюється в результаті природного процесу мікробного розкладання органічної маси у вологому середовищі в анаеробних умовах (за відсутності кисню). У ферментері (біореакторі) бактерії викликають бродіння органічних речовин, подібне до того, яке відбувається в системі травлення жуйних тварин. Схожі процеси відбуваються, наприклад, на дні водойм, у болотах або гнійних ямах. Сировиною для біогазових установок є, передусім, сільськогосподарські субстрати – рідкий та стійловий гній або енергетичні культури (цукрові буряки, кукурудза, сорго цукрове, міскантус тощо). Використовуються також субстрати, які є побічними продуктами переробної промисловості, наприклад, відходи від виробництва пива (дробина), спирту (барда), біодизелю (ріпакова макуха, сирий гліцерин), переробки картоплі (жом), виробництва цукру (жом, меляса) та побічні продукти переробки фруктів (вичавки). Крім того, у виробництві біогазу використовуються органічні відходи комунального господарства

(осад стічних вод, побутові відходи, органічні відходи, скошена трава, ландшафтний матеріал та ін.). Усі ці субстрати розкладаються за однаковим принципом у чотири етапи у ферментерах під впливом мікроорганізмів, вироблений при цьому біогаз збирається за допомогою відповідного технічного обладнання та/або спалюється безпосередньо на блочній ТЕЦ, або збагачується до біометану (очищеного біогазу).

Суттєвою перевагою виробництва біогазу є використання ВДЕ. Широкий і постійно доступний спектр органічних речовин забезпечує безперервне виробництво біогазу і сприяє економії викопних енергоносіїв.

У біогазових установках застосовуються передусім екскременти тварин і відтворювана сировина (біоенергетичні рослини), разом з тим, і біогенні відходи харчової промисловості та побутові відходи набувають все більшого значення у виробництві біогазу. Такі органічні речовини використовуються або окремо, або в поєднанні з іншими органічними речовинами.

Крім того, багато фермерських господарств та науково-дослідних установ вирощують і випробовують нові сорти рослин для виробництва біогазу. Через можливість використання різноманітних субстратів в одній бродильній установці виробництво біогазу є дуже гнучким. Водночас широкий спектр первинної сировини забезпечує збереження біорозмаїття в сільськогосподарському секторі.

Відходи тваринництва належать до субстратів, які найчастіше використовуються у виробництві біогазу, оскільки вони утворюються у великих кількостях і доступні безкоштовно на багатьох сільськогосподарських підприємствах (рис. 2.2). Крім того, гній ідеально підходить як субстрат, тобто легко змішується з іншою сировиною, як-от кукурудза, сорго, силос, жом та ін.

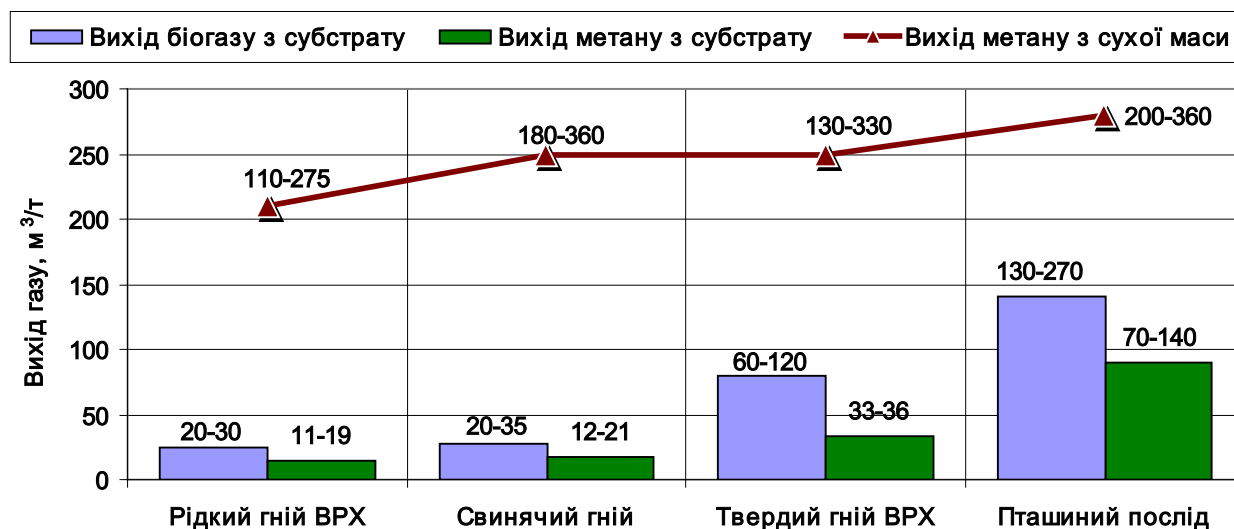


Рис. 2.2. Вихід біометану й біогазу з різних органічних субстратів

(Джерело: Власне зображення на основі даних FNR)

Поновною сировиною є продукти сільського і лісового господарства, що не використовуються в харчових або кормових цілях. Так само як і відходи тваринництва, відтворювана сировина, яка застосовується для виробництва біогазу, набуває дедалі більшого значення (рис. 2.3).

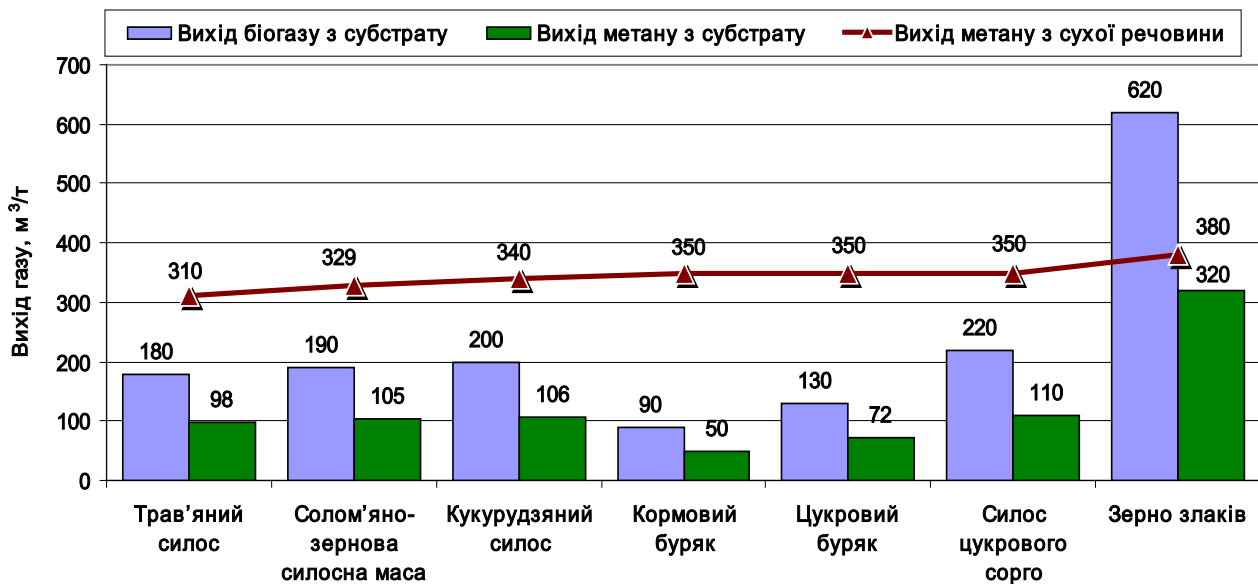


Рис. 2.3. Вихід біометану і біогазу з рослинницької сировини

(Джерело: Власне зображення на основі даних FNR)

До субстратів з переробної промисловості належать усі відходи, які виникають у процесі перероблення сільськогосподарських продуктів (Додаток 1). Ці субстрати легко зберігаються й силосуються. Застосування біогенних відходів переробної промисловості для виробництва біогазу є досить низьким, оскільки наявні інші можливості їхнього використання після перероблення у виготовленні харчових продуктів і кормів для тварин.

Комунальні відходи також придатні для виробництва біогазу. Осад стічних вод та побутові відходи є сумішшю неорганічних та органічних речовин, які слугують основою для виробництва біогазу.

2.3. Способи використання біогазу

Біогаз є універсальним енергоносієм, з якого можна отримати електроенергію, тепло та паливо. Зокрема, біогаз може використовуватися децентралізованими блочними теплоелектроцентралями (ТЕЦ) для електро- і теплопостачання або подаватися як очищений і збагачений біогаз (біометан) у наявну газотранспортну мережу. Крім того, збагачений біогаз може використовуватися як паливо в автомобілях на природному газі, на великих централізованих когенераційних установках (КУ) або для виробництва тепла у вискоелективних газових конденсаційних котлах.

Застосування біогазу у децентралізованому енергопостачанні сприяє скороченню імпорту енергоносіїв та підвищенню надійності енергопостачання, зокрема, у сільській місцевості. Дедалі більше фермерських господарств у Європі будують біогазові установки в безпосередній близькості від свого господарства для забезпечення власних потреб і довколишніх сіл електроенергією та теплом. Крім того, залишки бродіння з реактора можуть використовуватися як високоякісне добриво у землеробстві. Завдяки постійно доступній сировині біогаз, а

отже електроенергія і тепло, можуть вироблятися протягом усього року і таким чином створюють додаткову економічну опору для багатьох фермерських господарств, що сприяє стабільності й розвитку вітчизняного сільського господарства.

На відміну від вітряної і сонячної енергії, біогаз здатний нести базове навантаження, оскільки він виробляється постійно незалежно від погодних умов. З огляду на постійне постачання енергії, біогаз та біометан також підходять для створення балансу потужності й компенсування коливань, що виникають у разі застосування інших технологій виробництва енергії з поновлюваних джерел. Ураховуючи незалежну від місця розташування установок доступність біометану, який подається в мережу природного газу, пов'язані з ним переваги стають ще сильнішими.

Часто проблемою децентралізованого виробництва електроенергії і тепла стає відсутність відведення тепла, що утворюється. Тому до початку будівництва біогазової установки потрібно визначити потенційних споживачів тепла, аби підвищити загальну ефективність системи. Незважаючи на недостатнє тепло-відведення, в Німеччині за останні роки (цьому сприяв Закон про поновлювані джерела енергії – EEG) було побудовано багато установок, які слугують здебільшого для децентралізованого виробництва електроенергії і випускають невикористане тепло в навколишнє середовище.

Збагачення біогазу до біометану може вирішити цю проблему. За допомогою технології збагачення біогаз можна очищувати й доводити до якості природного газу. При цьому, збагачений біогаз може або використовуватися безпосередньо на місці, або подаватися в наявну газорозподільчу мережу (ГРМ). Сьогодні набув чинності Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану» (№ 1820-IX від 21.10.2021), яким сформовано законодавче поле для використання біометану як аналога природного газу; внесено зміни до Кодексу газотранспортної системи та Кодексу газорозподільних систем, які врегульовують питання постачання біометану в мережі.

Суттєва перевага біогазу порівняно з іншими поновлюваними джерелами енергії полягає у використанні наявної інфраструктури. Зокрема, не потрібно створювати нових систем зберігання. Наявні мережі природного газу, що мають величезні потужності, пропонують ефективне й економічне рішення для зберігання біометану. Завдяки однакової якості біометану і природного газу, біометан може використовуватися в наявних технічних приладах (побутових, промислових, транспортних). Подача і зберігання біометану потребують, порівняно з іншими рішеннями для зберігання поновлюваних енергій, лише незначних капітальних затрат.

Децентралізований розвиток застосування біогазу може, зокрема, сприяти поліпшенню місцевої економіки. Завдяки виробництву біогазу та біометану з місцевих ресурсів створюються нові робочі місця у сільських місцевостях. Це стосується, передусім, таких галузей, як сільське господарство, логістика, інженерні послуги та будівництво споруд.

Попит на сировину й органічні залишки створює нові можливості збуту для сільськогосподарських підприємств, що, своєю чергою, призводить до надійнішого планування і створює додаткові джерела прибутку. Як оператори або

часткові власники біогазових установок сільськогосподарські підприємства беруть участь у створенні доданої вартості на регіональному рівні через збут біогазу і подання біогазу до мережі.

Біометан є високоефективним паливом для транспортних засобів. При цьому біомаса, з розрахунку на 1 га посівної площі, використовується ефективніше порівняно з іншими видами пального (біоетанол, біодизель). На біометані, отриманому з 1 га посівної площі, звичайний легковий автомобіль може подолати приблизно 67,6 тисяч кілометрів. Другим за ефективністю видом пального є біонафта (біомаса, перетворена на рідину), яка є біопаливом другого покоління. Щоправда технологія виробництва біонафти ще не розвинена настільки, щоб стати економічно виправданою. Біометан, своєю чергою, може вже сьогодні застосовуватися в усіх автомобілях на природному газі без значних технічних модифікацій.

2.4. Екологічні переваги виробництва біогазу

Біогаз є кліматично нейтральним, оскільки біомаса, яка використовується, протягом усього вегетаційного періоду забирає з атмосфери вуглекислий газ, який потім знову вивільняється під час спалювання біогазу або біометану. В ідеалі можна досягти його кліматично нейтрального або навіть позитивного використання. Крім того, біогаз і біометан замінюють собою викопні енергоносії, як-от вугілля, природний газ і нафта, використання яких спричиняє велику кількість парникових викидів.

Сьогодні набула чинності Директива 2018/2001 (RED II), згідно з якою з 2021 року скорочення викидів парникових газів від використання біогазу для електро- та тепло генерації має становити не менше ніж 70 %, а з 2026-го – 80 % порівняно з використанням традиційних видів палива. Стандартні значення обсягів скорочення викидів парникових газів для біогазу, отриманого з відходів тваринництва, знаходяться в межах 81...82 %. Отже, виробництво біогазу відповідає вимогам сталості й зараховуються до нових високих нормативних часток відновлюваної енергії та супроводжується програмами підтримки в ЄС.

Залишки від процесу бродіння з біогазових установок використовуються у сільському господарстві як добриво, яке за своєю дією схоже на мінеральні добрива. У хімічному плані вони є набагато менш агресивними, ніж сирий гній, уміст азоту в них вищий, а запах менш інтенсивний. Залишки від бродіння містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, крім того – фосфор, калій, сірку та мікроелементи (табл. 2.1). Поживний склад залишків бродіння можуть сильно змінюватися, залежно від субстратів, які використовуються.

Отже, залишки біогазового бродіння можна вважати високоякісним органічним добривом, яке має відповідний економічний еквівалент. Економічна вигода від використання залишків бродіння становить, залежно від норми їх внесення в ґрунт, від 250–350 євро/га (Німеччина), оскільки ними можна замінити витратомісткі мінеральні добрива, ціна яких є залежною від цін на нафту і газ. Тобто, виробники біогазу можуть продавати залишки бродіння як високоякісне органічне добриво.

Склад залишків бродіння

Уміст	Сировина рослинного походження	Відходи тваринництва
Суха маса, %	7	6,1
Кислотно-лужний баланс	8,3	8,3
Органічна речовина (нітрати), г/кг сухої маси	51	42
Азот, г/кг сухої маси	4,7	4,8
Амоній, г/кг сухої маси	2,7	2,9
Фосфор, г/кг сухої маси	1,8	1,8
Калій, г/кг сухої маси	5	3,9

Джерело: Дослідження «Biogas und Landwirtschaft» / «Біогаз і сільське господарство», Рада з питань біогазу, 2011.

Уміст азотних речовин у залишках бродіння зберігається на 70 %, калію та фосфору – на 100 %, на відміну від традиційних органічних добрив. Відповідно, фермер повинен компенсувати тільки 30 % азотних речовин за рахунок мінеральних добрив, а калій та фосфор покриваються в пропорції 1:1. Під час виробництва 1 м³ біогазу на сучасних заводах залишається близько 5,4 кг твердих та 16,8 кг рідких біодобрив.

Завдяки застосуванню залишків бродіння зменшується шкідливий вплив попереднього циклу на навколишнє середовище, як у зв'язку з парниковими викидами, так і в плані використання мінеральної сировини. Крім того, в регіонах із розвиненим тваринництвом розв'язується проблема утилізації гною. Через пряме внесення гною, який збирається у великих кількостях, у ґрунті утворюється надлишок поживних речовин. Через вимивання нітратів і, подекуди, гною відбувається евтрофікація водойм та перенасичення ґрунтів. Річки й водойми «втрачають рівновагу» через утворення водоростей, якість водойм значно погіршується, а також знижується якість питної води.

Мінеральні добрива отримуються на гірничих підприємствах в енергоємному процесі. Зокрема, виробництво однієї тонни азотного добрива відповідає енергетичній цінності близько двох тонн нафти. За рахунок використання залишків бродіння як заміника добрив відбувається заощадження парникових викидів до 16,24 кг CO₂ екв./т СМ порівняно з мінеральними добривами. На рисунку 2.4 показано зменшення викидів парникових викидів завдяки використанню залишків бродіння порівняно зі звичайними органічними й мінеральними добривами. Таким чином парникові викиди зменшуються приблизно на 67 %.

Порівняно з гноєм, завдяки застосуванню залишків бродіння відбувається значне скорочення парникових викидів. Залишки бродіння, як порівняти із гноєм, є менш глейкими і тому можуть набагато швидше проникати в ґрунт. Це зменшує вивільнення викидів азоту та закису азоту. Найбільша економія досягається в процесі ферментації гною великої рогатої худоби.

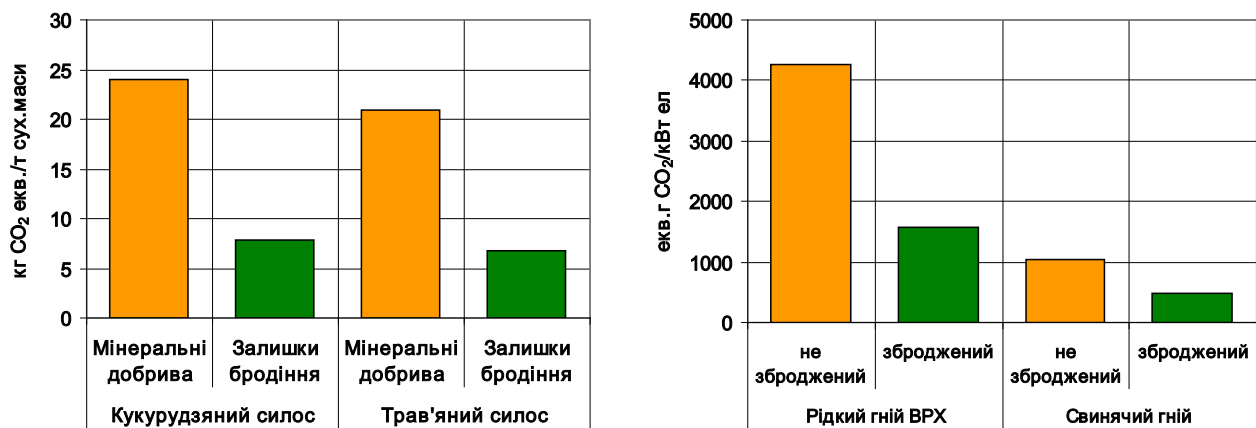


Рис. 2.4. Скорочення викидів парникових газів завдяки застосуванню залишків бродіння

2.5. Потенціал біогазу та біометану в Україні

Енергетичний потенціал біогазу та біометану має такі складники:

- потенціал площ для вирощування багаторічних біоенергетичних культур;
- використання традиційних біоенергетичних культур на біогаз;
- теоретично можливі потенціали відходів тваринництва (рідкий та твердий гній, курячий послід тощо);
- потенціали переробної промисловості (органічні відходи).

Для отримання біогазу доцільно розширяти площі посівів традиційних для України сільськогосподарських культур, як-от цукрові та кормові буряки, кукурудза на силос, сорго цукрове тощо.

Традиційною культурою для виробництва біогазу у світі є кукурудза на силос. Площа посівів зернової кукурудзи в Україні у 2022 році становила близько 5 млн га. Водночас значна частина врожаю експортується, а для його сушіння використовується природний газ. Тому, доцільно частину площ (орієнтовно 2 млн га), на яких сьогодні вирощується кукурудза на зерно, перевести на вирощування силосної кукурудзи на біогаз. Це дасть отримати приблизно 32 млрд м³ біогазу, або 17 млрд м³ біометану.

Виробництво біогазу є економічно вигіднішим, ніж вирощування кукурудзи на зерно. Зокрема, за сьогоднішньої ціни на зерно кукурудзи 8,6 тис. грн /т та потенційної врожайності 8 т/га, виручка від реалізації становитиме 69 тис. грн. Вихід біогазу з 1 га силосної кукурудзи за врожайності 80 т/га становитиме приблизно 16 тис. м³/га, або 8,5 тис. м³/га біометану (рис. 2.5).

За ціни на природний газ на рівні 23 грн/м³ виручка від реалізації становитиме 195 тис. грн/га, тобто у 2,8 раза більшою. За таких умов інвестиції у вирощування традиційних культур на енергетичні цілі є вигідними.

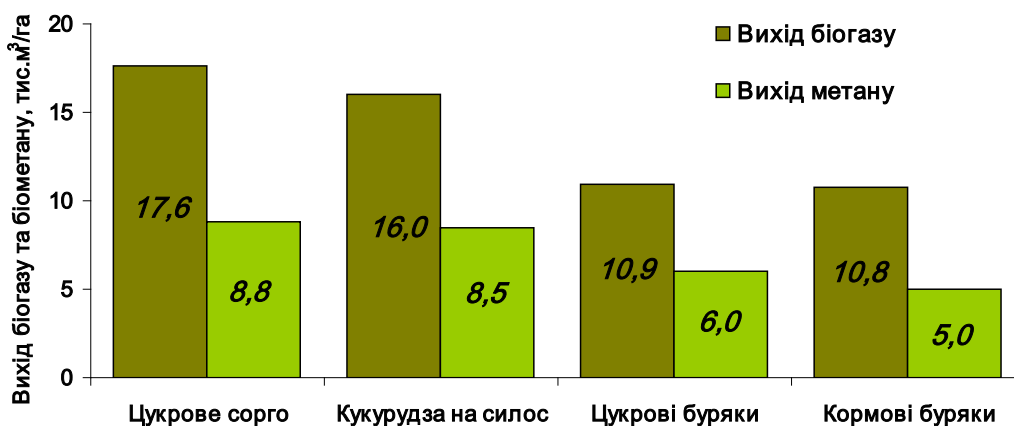


Рис. 2.5. Потенційний вихід біогазу з 1 га різних біоенергетичних рослин

Ураховуючи економічну привабливість використання кукурудзи на енергетичні цілі та створення завдяки цього ризику зменшення продуктів харчування та кормів, ЄС прийняв Директиву про поновлювані джерела енергії (EEG 2012), відповідно до якого масова частка кукурудзи в поживному субстраті для біогазових установок має становити не більше ніж 60 %. Тому сьогодні країни ЄС розглядають цукрові буряки як альтернативу кукурудзі. Тим паче, що для України цукрові буряки є традиційною та найбільш ефективною цукроносною культурою, яка відзначається високим потенціалом продуктивності. З одного гектара цукрових буряків (за врожайності 70 т/га) можна отримати до 11 тис. м³/га біогазу з умістом метану 55 %. Виручка від реалізації їх коренеплодів за ціни 1900 грн/т становитиме 133 тис. грн/га, а за умови виробництва біометану – 151 тис. грн/га (рис. 2.6).

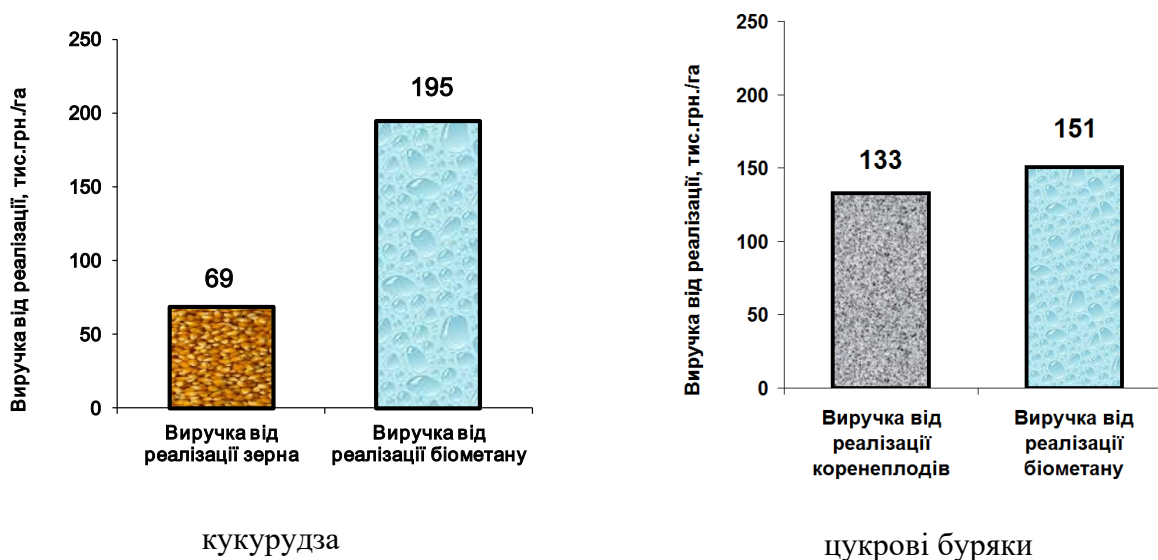


Рис. 2.6. Економічна доцільність виробництва біометану

Упродовж останніх десятиріч площі посівів цукрових буряків суттєво зменшились: з 1,6 млн га у 1990 році до 220 тис. га у 2021-му. Це негативно вплинуло на структуру сівозмін та на культуру землеробства загалом. Тому потенціал площ, зайнятих цукровими буряками для виробництва біогазу в Україні можна оцінити на рівні до 1 млн га. Це дасть змогу отримати понад 5 млрд м³ біометану.

Селекціонерами ІБКіЦБ НААН створено гібриди цукрових буряків ‘Рутенія 11’, ‘Рутенія 12’ та ‘Рутенія 13’, які за сукупністю господарсько-цінних ознак адаптовані для виробництва біогазу.

Не менш ефективною та перспективною культурою в умовах України для виробництва біогазу є сорго цукрове (*Sorghum saccharatum*), яке, на відміну від цукрових буряків, можна вирощувати в південних посушливих регіонах України. З одного гектара посівів цукрового сорго можна збирати понад 100 т/га цукромісткої біомаси з цукристістю соку до 18 %, що забезпечує потенційний вихід біогазу близько 22 тис. м³/га. Ранні строки збирання цукрового сорго на енергетичні цілі робить його хорошим попередником для озимих культур. Орієнтовна площа посівів цієї культури в Україні може становити близько 500 тис. га, що забезпечить близько 5,5 млрд м³ біометану.

За такого співвідношення посівних площ біоенергетичних культур забезпечується співвідношення біомаси кукурудзи до біомаси цукрових буряків та сорго на рівні 60:40, що відповідає вимогам ЄС.

Під час вирощування сільськогосподарських культур на енергетичні цілі слід використовувати біоадаптивні технології, що зменшить антропогенне навантаження на землі та скоротить викиди парникових газів в атмосферу. При цьому необхідно враховувати наступні заходи зі скорочення викидів парникових газів:

- зведення до мінімуму кількості та інтенсивності обробітків ґрунту;
- використання широкозахватних комбінованих агрегатів, здатних за один прохід виконувати декілька технологічних операцій;
- широке використання біологізації землеробства (сидерати, сумісні посіви декількох культур тощо);
- використання залишків бродіння як добрив;
- недопускання спалювання побічної продукції на полях;
- використання ГМ рослин, як сировини для виробництва біопалива.

Завдяки внесенню залишків бродіння на площі, на яких вирощувались біоенергетичні культури, повністю відновлюється баланс фосфору та калію, а азот – на 70 % (табл. 2.2). Для зменшення затрат енергії та викидів парникових газів баланс азоту доцільно відновлювати завдяки внесенню безводного аміаку, який не потребує додаткових витрат енергії на гранулювання.

Таблиця 2.2

Виніс елементів живлення

Культура	Урожайність, т/га	Виніс елементів живлення, кг д. р./га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Цукрові буряки	70	257,6	81,2	297,5
Кукурудза на силос	80	182,4	65,6	232
Цукрове сорго	100	180	66	234

Отже, біометановий потенціал використання біомаси традиційних біоенергетичних культур (кукурудза на силос, цукрові буряки та цукрове сорго) становить **27,5 млрд м³ біометану (23 млн т н. е.)**, що значно перевищує річні обсяги імпорту природного газу в Україну (табл. 2.3).

Потенційний вихід біогазу та біометану з традиційних культур

Культура	Потенціал посівних площ, млн га	Урожайність, т/га	Вихід біогазу, м ³ /т	Вихід біометану, м ³ /т	Вихід біогазу, млрд м ³ /рік	Вихід біометану, млрд м ³ /рік
Кукурудза на силос	2	80	200	106	32	17
Цукрові буряки	1	70	130	72	9,1	5,0
Цукрове сорго	0,5	100	220	110	11,0	5,5
Разом	3,5	–	–	–	52,1	27,5

Джерело: ІБКіЦБ НААН.

Отже, виробництво наведених обсягів біогазу надало б такі переваги:

- Відмова від імпорту природного газу.
- Оптимальне використання й ефективна завантаженість наявної інфраструктури. До неї належать не лише українські газові та електричні мережі, але й велика кількість електростанцій і котельних, які в Україні виробляють значну частину електроенергії й тепла. Завдяки підвищенню енергоефективності вдалося б зекономити ще більші обсяги використовуваного газу.
- Відпаде потреба у переобладнанні тепло- та електрогенерувальних потужностей України, які працювали на природному газі на інші енергоносії.
- Значне зменшення викидів CO₂ завдяки використанню біометану та залишків бродіння.
- Продаж виробленого біометану до країн Європейського Союзу. Це посилить роль України як важливої транзитної держави і стане внеском до повноцінного використання потужностей наявних мереж.
- Більша зацікавленість іноземних інвесторів в українському енергетичному ринку.
- Створення робочих місць у масштабах країни, рекультивация малопродуктивних та деградованих земель тощо.
- Швидка інтеграція України у Європейське Співтовариство, що пов'язано з виконанням вимог Європейського енергетичного співтовариства.

Висновки

Виробництво біогазу може забезпечити доходи і зайнятість на регіональному рівні та сприятиме розвитку села. Воно не суперечить первинному сільськогосподарському виробництву, а, навпаки, становить у контексті структурної зміни сільського господарства розумну дохідну альтернативу аграрним підприємствам. Водночас моделі співпраці дають змогу мінімізувати ризики й успішно поєднати знання і досвід різних сторін – фермерів, розробників проектів і постачальників енергії. Для реалізації та експлуатації біогазових установок придатні як горизонтальні, так і вертикальні форми співпраці залежно від вимог конкретного проекту і цілей зацікавлених сторін. У вертикальних формах співробітництва для довгострокового успіху важливе значення має співпраця між партнерами на рівних умовах.

РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ВИДІВ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

3.1. Стан та перспективи розвитку виробництва і використання твердого біопалива в Україні

Найбільшого розвитку в Україні набуло виробництво і використання твердих видів біопалива (деревна тріска, паливні гранули, брикети тощо). Сьогодні для виробництва твердого біопалива в Україні використовуються, здебільшого, відходи деревообробної промисловості (тирса, тріска) та залишки й відходи сільськогосподарського виробництва (солома, соняшникове лушпиння, качани кукурудзи тощо). Надходження такої сировини є нестабільним і носить сезонний характер, що негативно впливає на ефективність роботи установок з виробництва біопалива. Крім того, біопаливо, виготовлене із залишків та відходів містить значну частку (до 10 %) зольних елементів, що зменшує його теплотворні властивості та експлуатаційні характеристики котлів [55].

У комплексі заходів, спрямованих на призупинення процесів деградації ґрунтів та покращення їх родючості особлива увага надається використанню пожнивних решток. Заробляючи у ґрунт солону зернових та зернобобових культур, стебла кукурудзи і соняшнику зменшується винос із ґрунту макро- та мікроелементів на 30–40 % від їх виносу зерною частиною врожаю. Крім того, поповнюється запас органічної речовини у ґрунті, поліпшується його структура та підвищується активність мікробіологічних процесів у ґрунті. Заорювання однієї тонни соломи озимої пшениці забезпечує утворення у ґрунті до 0,2 т/га гумусу. Водночас одна тонна соломи за зольності 5 % містить 5,5 кг д. р. азоту, 2,7 кг д. р. фосфору, 18,0 кг д. р. калію, 10,5 кг д. р. кальцію, 5,1 кг д. р. магнію та 250 г д. р. комплексу мікроелементів [56]. Якщо вартість компенсаційної норми добрив закласти у собівартість соломи, то вона виявиться занадто дорогою сировиною для біоенергетики.

Високий уміст мінеральних елементів у пожнивних рештках та низька температура плавлення золи негативно впливає на теплотворну здатність твердого біопалива, виготовленого із соломи та експлуатаційні характеристики котлів. Крім того, під час прямого спалювання високозольного твердого біопалива із соломи в атмосферу потрапляють шкідливі речовини, для утримування яких необхідно встановлювати спеціальні фільтри.

Отже, з огляду на вищевказане, пожнивні рештки аграрного виробництва у вигляді соломи зернових культур не можуть бути сировинною для сталого виробництва твердого біопалива, оскільки це не відповідає критеріям сталого розвитку, посилює деградацію ґрунтів та порушує українське законодавство щодо раціонального використання земель.

Водночас ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування багаторічних енергетичних рослин групи C_4 , здатних інтенсивно акумулювати енергію сонця впродовж вегетаційного періоду. Ці рослини характеризуються низькою собівартістю вирощування, не вимогливі до родючості ґрунту, не потребують значного використання добрив та пестицидів,

запобігають ерозії ґрунту, сприяють збереженню та покращанню агроєкосистем. Це дає змогу культивувати енергетичні рослини на малопродуктивних землях, яких, згідно зі статистичними даними, в Україні налічується до 8 млн га.

До таких рослин належить **міскантус гігантський** (*Miscanthus × giganteus*) – одна з найефективніших рослин для біоенергетики завдяки високій урожайності сухої біомаси (до 25 т/га), високій теплотворній здатності (18 МДж/кг), низькій природній вологості стебел на час збирання (до 25 %). Новою перспективною енергетичною культурою для України також є **просо прутоподібне**, або **свічграс** (*Panicum virgatum*), що належить до багаторічних злакових культур. Свічграс невимогливий до вологи та поживних речовин, має високу природну стійкість проти хвороб і шкідників, що дає змогу отримувати стабільні врожаї сухої біомаси на малопродуктивних еродованих землях.

Широке впровадження у виробництво біоенергетичних культур міскантусу та проса прутоподібного неможливе без достатньої кількості високоякісного садивного та посівного матеріалу, який можна отримали в спеціально створених розсадниках розмноження. Отримання якісного садивного матеріалу міскантусу – ризом, які мають не менше чотирьох бруньок, можливе в розсадниках розмноження лише першого і другого років вегетації. У Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, є вісім вітчизняних сортів міскантусу, які пропонуються до розмноження: ‘Гулівер’, ‘Осінній зорецвіт’, ‘Верум’, ‘Біотех’, ‘Велетень’, ‘Місячний промінь’, ‘Снігопад’, ‘Снігова королева’.

Просо прутоподібне розмножується насінням, характерною особливістю якого є тривалий біологічний стан спокою, що призводить до зниження його схожості, отримання нерівномірних, зріджених сходів у польових умовах і, зрештою, – до зменшення продуктивності культури. Це є одним з головних обмежувальних факторів широкого впровадження свічграсу у виробництво.

Стан спокою можна порушити різними способами – екзо- або ендогенними чинниками, більшість з яких ґрунтується на створенні стресових умов у період проростання насіння або ж до початку його проростання. Тому, всі елементи технології вирощування та передпосівної підготовки насіння мають бути спрямовані на забезпечення оптимальних умов для проходження фізіологічних процесів, які визначають високу продуктивність рослин і сприяють порушенню стану спокою насіння. У Держреєстрі сортів рослин є три сорти проса прутоподібного, які пропонуються до розмноження: ‘Зоряне’, ‘Морозко’, ‘Лядівське’.

Серед дерев, біомаса яких може використовуватись на біопаливо, найкраще підходять сорти швидкорослої **верби прутоподібної** (*Salix viminalis*) та **тополі** (*Populus*). Верба не вибаглива до наявності поживних речовин у ґрунті, може рости на малородючих та кислих землях, але потребує багато вологи. Тому плантації енергетичної верби доцільно закладати в зоні достатнього зволоження або у заплавах рік чи інших водойм з високим рівнем залягання ґрунтових вод.

Вирощування енергетичних культур із високою продуктивністю біомаси забезпечує значне надходження органічних речовин у ґрунт кореневою системою та поживними рештками, що сприяє нагромадженню органічного вуглецю у ґрунті. Відсутність механічного обробітку ґрунту під час вирощування багаторічних культур сприяє стабілізації видового та кількісного складу ґрунтової мікрофлори, проходженню ґрунтотворних процесів згідно з генетичними особливостями ґрунтового покриву.

3.2. Використання деревних рослин для виробництва твердого біопалива

Ліси України є найпотужнішим з факторів, що стабілізують на певному рівні функціональну організацію природних екосистем, посилюють їхню стійкість до антропогенного впливу і змін клімату. Ліси також мають важливе значення для запобігання ерозії ґрунтів і деградації ґрунтового покриву. Вони, депонуючи вуглець, зменшують негативний вплив змін клімату.

Середня залісненість території України становить 15,6 %, що є одним з найнижчих показників лісистості країн Європи. У середньому у світі лісистість досягає 29 %, а у Європі – перевищує 41 %. Оптимальним рівнем лісистості вважається той, який забезпечує водний баланс території. За оптимальної лісистості формується стабільне середовище, найбільш повно проявляється комплекс корисних властивостей лісу, ефективно використовуються земельні ресурси.

Реалізація екологічної ініціативи Президента України «Масштабне заліснення України», відповідно до указу Президента України № 228/2021, сприятиме збільшенню поглинання та утримання вуглецю лісами, що передбачено Дорожньою картою кліматичних цілей України до 2030 року для імплементації Європейського Зеленого Курсу (European Green Deal). Ініційований проєкт «Зелена країна», спрямований на збереження і відтворення лісового фонду України, є логічним продовженням Указу Президента України № 722/2019 «Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», в якому передбачено раціональне лісокористування, боротьбу з опустелюванням та деградацією земель.

Тому, використання наявних лісових масивів з метою поповнення сировинної бази для виробництва твердого біопалива в Україні є неприпустимим. Одним із найголовніших завдань, є доведення лісистості України до оптимального рівня. З огляду на це, пропонується частину лісових масивів, які планується створити згідно з проєктом Президента «Зелена країна», сформувані зі швидкорослих, високопродуктивних дерев, як-от верба, тополя, акація тощо. Планації енергетичних дерев будуть створюватись на малопродуктивних та деградованих землях, що сприятиме відновленню їх родючості. Такі насадження реалізуватимуться за технологіями плантаційного вирощування, що дасть змогу в короткий час сформувані значні площі деревних культур.

Важливою складовою частиною лісистості території є полежахисні лісові смуги (ПЗЛС), але їх кількість нині є недостатньою, а санітарний стан – незадовільним. Можливе відновлення ПЗЛС шляхом висаджування швидкорослих деревних порід і розроблення таких схем їх вирощування, які забезпечили б отримання максимальної кількості енергетичної біомаси, за умови виконання ними у повному обсязі екологічних функцій.

Планації швидкорослих деревних культур здійснюватимуть поглинання і утримання вуглецю, а вирощена біомаса буде використовуватись для виробництва різних видів біопалив, що сприятиме розвитку ВДЕ. Таким чином досягається чотири цілі: 1 – створення плантацій деревних рослин, які виконують функції лісів; 2 – відновлення родючості малопродуктивних та деградованих земель; 3 – поновлення полежахисних лісових смуг; 4 – формування сировинної бази для розвитку ВДЕ. Крім того, такий підхід дасть змогу залучати інвесторів до реалізації екологічної ініціативи Президента «Масштабне заліснення України».

3.3. Потенціал земельних ресурсів України для вирощування біоенергетичних рослин

Україна має загальну площу 603,628 тис. км², або 60,4 млн га. Завдяки величезному територіальному потенціалу і великій кількості сільськогосподарських угідь, відносно низькій щільності населення і сприятливому клімату країна має добрі початкові умови для виробництва, торгівлі й використання біоенергії.

За науковими даними, у структурі земель України знаходиться до 8 млн га малопродуктивних та деградованих земель, які не використовуються для вирощування традиційних сільськогосподарських культур. Частину цих земель (2 млн га) доцільно залучити для вирощування багаторічних біоенергетичних культур, як-от енергетична верба, міскантус, свічграс тощо, які не вибагливі до ґрунтово-кліматичних умов.

Малопродуктивні та деградовані землі в структурі земельних угідь України визначаються критеріями еродованості, перезволоження (оглеєння), засолення та солонцюватості, надмірно легкої (піщаної) чи важкої (глинистої) текстури, високої кам'янистості чи щебнюватості (Карпати), слабкої розвиненості ґрунтового профілю. Зазначені ознаки є складником назви ґрунтів.

Ґрунтовий покрив України, за матеріалами обстежень Інституту УКРЗЕМ-ПРОЄКТ, представлений 222 агровиробничими групами ґрунтів. Агровиробничі групи, що належать до малопродуктивних та деградованих земель, подано у додатку 2.

Таким чином, потенціал площ для закладання плантацій багаторічних біоенергетичних культур становлять 2 млн га, з яких 1,5 млн га – енергетична верба і тополя; 0,5 млн га – міскантус і свічграс. За врожайності сухої маси верби 15 т/га (у розрахунку на один рік) та міскантусу – 20 т/га потенційний вихід твердого біопалива становитиме **35,8 млн т/рік** (табл. 3.1), що еквівалентно **13,7 млн т н. е.**, або **16,4 млрд м³** природного газу.

Таблиця 3.1

Потенційний вихід твердого біопалива з багаторічних енергетичних культур

Культура	Площа плантацій, млн га	Щорічна урожайність сухої маси, т/га	Вихід сухої біомаси, млн т/рік	Вихід твердого біопалива (10 % вологи), млн т/рік
Верба, тополя	1,5	15	22,5	24,8
Міскантус, свічграс	0,5	20	10,0	11,0
Разом	2	–	32,5	35,8

Джерело: ІБКіЦБ НААН та ННЦ «ІЗ НААН».

Закладання плантацій деревних енергетичних рослин (верба, тополя та інші) на площі 1,5 млн га дасть змогу збільшити площі лісів в Україні до 10,9 млн га, що підвищить частку залісненості з 15,6 до 18,1 % від загальної площі держави.

3.4. Стимулювання вирощування та розмноження біоенергетичних культур

Багаторічні біоенергетичні культури, як-от міскантус та верба, не розмножуються насінням і потребують спеціальних технічних засобів для закладання плантацій та їх подальшої експлуатації. Це зумовлює високу вартість закладання плантацій верби й міскантусу та тривалий термін їхньої окупності (до 7 років), оскільки перший врожай біомаси міскантусу можна збирати наприкінці другого року вегетації, а верби – лише через три роки. Крім того, біомаса верби збирається не щорічно, а що два-три роки.

Найбільша стаття витрат під час закладання плантацій міскантусу припадає на садивний матеріал (ризомі). Це обумовлено значними витратами на їх заготівлю (викопування, нарізання, пакування тощо). Собівартість однієї ризоми, за умови їх заготівлі в промислових масштабах, становить близько 3 грн.

Для більшості ґрунтово-кліматичних умов України оптимальною для міскантусу є густина насаджень 15 тис. шт./га. Таким чином, за умови використання власного садивного матеріалу його собівартість становитиме 26,7 тис. грн/га. У разі придбання ризомів за ціною 3 грн/шт., вартість садивного матеріалу на 1 га буде 45 тис. грн/га (табл. 3.2), що становить 50 % (рис. 3.1) від загальних витрат на закладання плантації.

Таблиця 3.2

Витрати на закладання і експлуатацію плантації міскантусу

№	Статті витрат	грн/га
Перший рік вирощування		
1	Добрива	25 000,0
2	Садивний матеріал	45 000,0
3	Пально-мастильні матеріали	4604,6
4	Заробітна плата	5302,3
5	Засоби захисту	4029,0
6	Амортизація технічних засобів	2302,3
7	Орендна плата	3354,6
Разом за перший рік вирощування		89 592,8
Другий рік вирощування		
1	Засоби захисту	1896,0
2	Добрива	3837,2
3	Пально-мастильні матеріали	1705,0
4	Заробітна плата	568,3
5	Амортизація технічних засобів	852,5
6	Орендна плата	3354,6
Разом за другий рік вирощування		12 213,6
Третій рік вирощування		
1	Добрива	3837,2
2	Пально-мастильні матеріали	1925,0
3	Заробітна плата	641,7
4	Амортизація технічних засобів	962,5
5	Орендна плата	3354,6
Разом за третій рік вирощування		10 720,9
Разом за перші три роки вирощування		112 527,3
Усього за 20 років експлуатації плантації		294 783,2

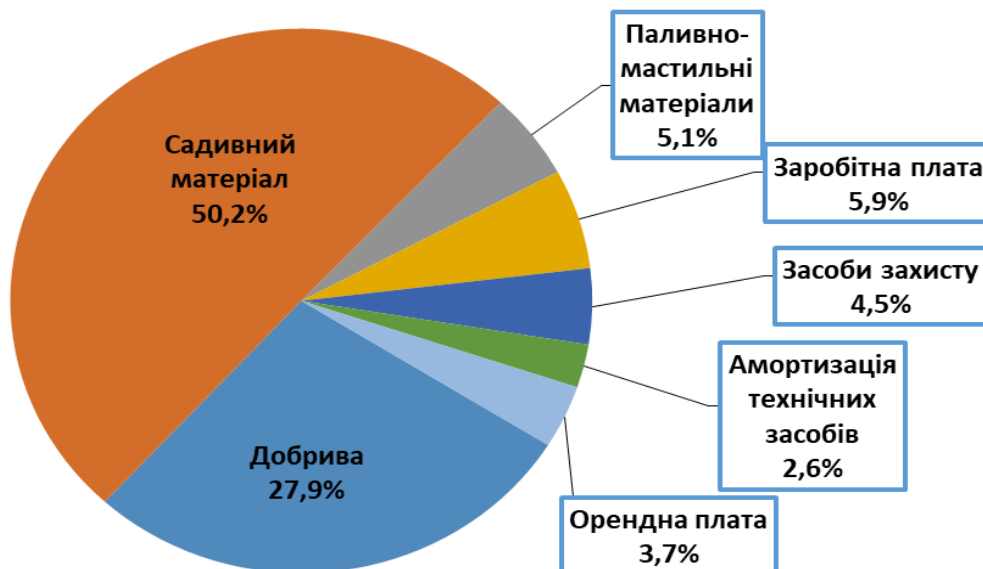


Рис. 3.1. Структура витрат у перший рік вирощування міскантусу

Окрім садивного матеріалу, значні затрати передбачаються на удобрення, оскільки для вирощування рекомендується використовувати малопродуктивні землі. Крім того, добрива необхідно внести в розрахунку на весь час експлуатації плантації. Загальна вартість закладання та догляду за плантацією міскантусу в перший рік відповідно до технологічної карти становитиме 89,6 тис. грн. Надходжень від реалізації біомаси в перший рік вирощування міскантусу не буде, через низьку врожайність.

Догляд за плантацією на другий рік вегетації полягає у підживленні азотними добривами, контролюванні бур'янів та збиранні біомаси. Отже, витрати під час другого року вирощування міскантусу гігантського можна розрахувати за формулою:

$$V_2 = V_{\text{добр}} + V_{\text{пмм}} + V_{\text{зп}} + V_{\text{зах}} + V_{\text{маш}} + V_{\text{оренда}} \quad (3)$$

Відповідно до технологічної карти, витрати на проведення цього комплексу робіт становлять 12,2 тис. грн/га (див. табл. 3.2). Урожайність сухої біомаси після другого року вирощування становитиме приблизно 7 т/га, що за ціни 2500 грн/т забезпечить надходження 17,5 тис. грн/га.

Починаючи з третього року вегетації, плантація не потребує застосування гербіцидів, оскільки рослини міскантусу повністю контролюють площу. Необхідно лише вносити підтримувальну дозу азотних добрив (60 кг д. р./га) і збирати біомасу. Тому витрати на вирощування міскантусу гігантського на третій і наступні роки визначаємо за формулою:

$$V_3 = V_{\text{добр}} + V_{\text{пмм}} + V_{\text{зп}} + V_{\text{маш}} + V_{\text{оренда}} \quad (4)$$

Витрати коштів на вирощування і збирання біомаси міскантусу на третій і наступні роки вегетації становлять близько 10,7 тис. грн/га щорічно. При цьому врожайність сухої біомаси міскантусу в кінці третього року становить близько 15 т/га, а починаючи з четвертого – 20 т/га. Таким чином, виручка від реалізації продукції за третій рік становитиме 37,5 тис. грн/га.

Загальні витрати за перші три роки вирощування міскантусу становлять 112,5 тис. грн/га, а виручка від реалізації біомаси лише 55 тис. грн/га (за ціни 2500 грн/т). Подальший аналіз витрат на вирощування міскантусу гігантського і надходжень від реалізації його біомаси свідчить, що термін окупності капіталовкладень становить 5 років, тобто тільки реалізувавши вирощену після п'ятого року вегетації суху біомасу можна отримати перший чистий прибуток у розмірі $155,0 - 134,0 = 21,0$ тис. грн/га (рис. 3.2).

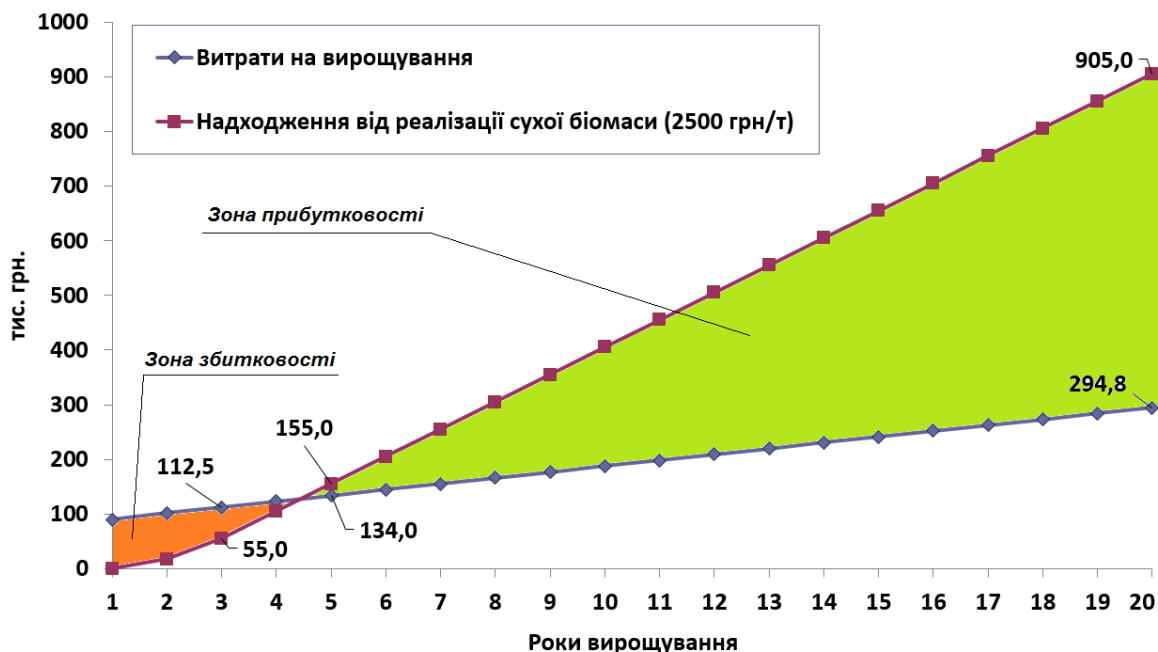


Рис. 3.2. Динаміка витрат та надходжень від реалізації біомаси міскантусу з 1 га

Для того, щоб термін окупності плантації не перевищував три роки, необхідно передбачити компенсацію, розмір якої визначається за формулою:

$$K_3 = \sum_{i=1}^3 B_i - \sum_{i=1}^3 H_i = 112,5 - 55,0 = 57,7 \text{ тис. грн}$$

де K_3 – розмір дотацій, тис. грн; $\sum_{i=1}^3 B_i$ – сума витрат за перші три роки експлуатації плантації, тис. грн; $\sum_{i=1}^3 H_i$ – сума надходження від реалізації біомаси міскантусу за перші три роки, тис. грн.

Загальні витрати на закладання й експлуатацію 1 га плантації міскантусу гігантського впродовж 20 років, розраховані за формулою (1), становлять:

$$V_s = V_1 + V_2 + (n - 2) \times V_3 = 89,6 + 12,2 + (20 - 2) \times 10,7 = 294,4 \text{ тис. грн/га}$$

Водночас за 20 років 1 га забезпечить надходження 362 т сухої біомаси, що за ціни 2,5 тис. грн/т забезпечить виручку від реалізації 905 тис. грн, при цьому собівартість 1 т сухої біомаси міскантусу становитиме $294,4 / 362 = 813$ грн/т, що втричі менше ринкової ціни на біомасу міскантусу. Умовно чистий прибуток, який забезпечить 1 га плантації міскантусу впродовж 20 років,

становить $905,0 - 294,4 = 610,6$ тис. грн/га, а рівень рентабельності вирощування міскантусу гігантського в розрахунку на 20 років становить $610,6 / 294,4 \times 100 = 207,4$ %.

Аналіз структури витрат за 20 років експлуатації плантації міскантусу гігантського (рис. 3.3) засвідчує, що найбільша частка витрат припадає на добрива (33,2 %), які включають внесення стартової дози під час закладання плантації та щорічні підживлення азотними добривами (по 60 кг д. р.). На оренду за користування землею припадає 22,8 % загальних витрат, на садивний матеріал – 15,3 %, а на пально-мастильні матеріали – 13,9 %. Частки витрат на амортизацію і ремонт технічних засобів, заробітну платню та засоби захисту рослин становлять відповідно 6,9; 5,9 та 2,0 %.

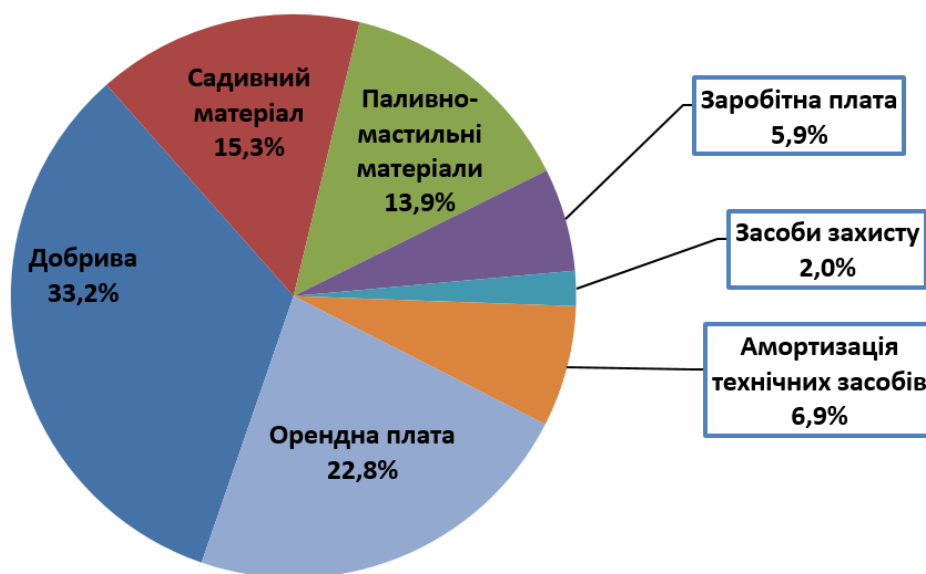


Рис. 3.3. Структура витрат за 20 років вирощування міскантусу

Отже, проведений економетричний аналіз засвідчив, що вирощування міскантусу гігантського як сировини для виробництва твердого біопалива є високорентабельним бізнесом, який водночас потребує значних капіталовкладень у перший рік закладання плантації, термін окупності яких становить до п'яти років. Для того, щоб термін окупності плантації міскантусу не перевищував три роки, необхідно передбачити компенсацію в розмірі 57,7 тис. грн/га.

Під час вирощування енергетичної верби на малопродуктивних землях необхідно внести достатню кількість елементів живлення, тому найбільша частка витрат припадає на добрива – 50,9 %. Другою за величиною статтею витрат під час створення вербової плантації є витрати на садивний матеріал (живці) – 26,7 %. Це обумовлено необхідністю вкладення значних коштів на їх вирощування (закупівля елітного садивного матеріалу, створення з нього маточної плантації, вирощування пагонів, заготівля пагонів, нарізання з них живців та зв'язування їх у пучки).

Ціна живців енергетичної верби коливається від 0,7 до 1,5 грн/шт. залежно від сорту. Оптимальною для ґрунтово-кліматичних умов України для енергетичних плантацій верби є густина 15 тисяч рослин на 1 га. Таким чином, вар-

тість садивного матеріалу на 1 га становитиме щонайменше 10,5 тис. грн/га. Крім садивного матеріалу та удобрення, значна частка витрат припадає на орендну плату за землю (8,5 %), використання техніки (7,0 %) і заробітну плату (5,5 %). Отже, вартість закладання та догляду за плантацією верби протягом першого року вирощування становитиме 39,3 тис. грн/га.

Загальні витрати за перші три роки вирощування верби становлять 43,9 тис. грн/га, а виручка від реалізації біомаси – лише 24,0 тис. грн/га. Отже, для того, щоб окупність плантації становила три роки, необхідно передбачити компенсацію в розмірі близько 20 тис. грн/га, яка виплачується одноразово в перший рік закладання плантації. Без такої компенсації термін окупності плантації становитиме шість років. Якщо компенсувати тільки вартість садивного матеріалу (10,5 тис. грн/га), то термін окупності плантації також становитиме понад п'ять років (рис. 3.4).

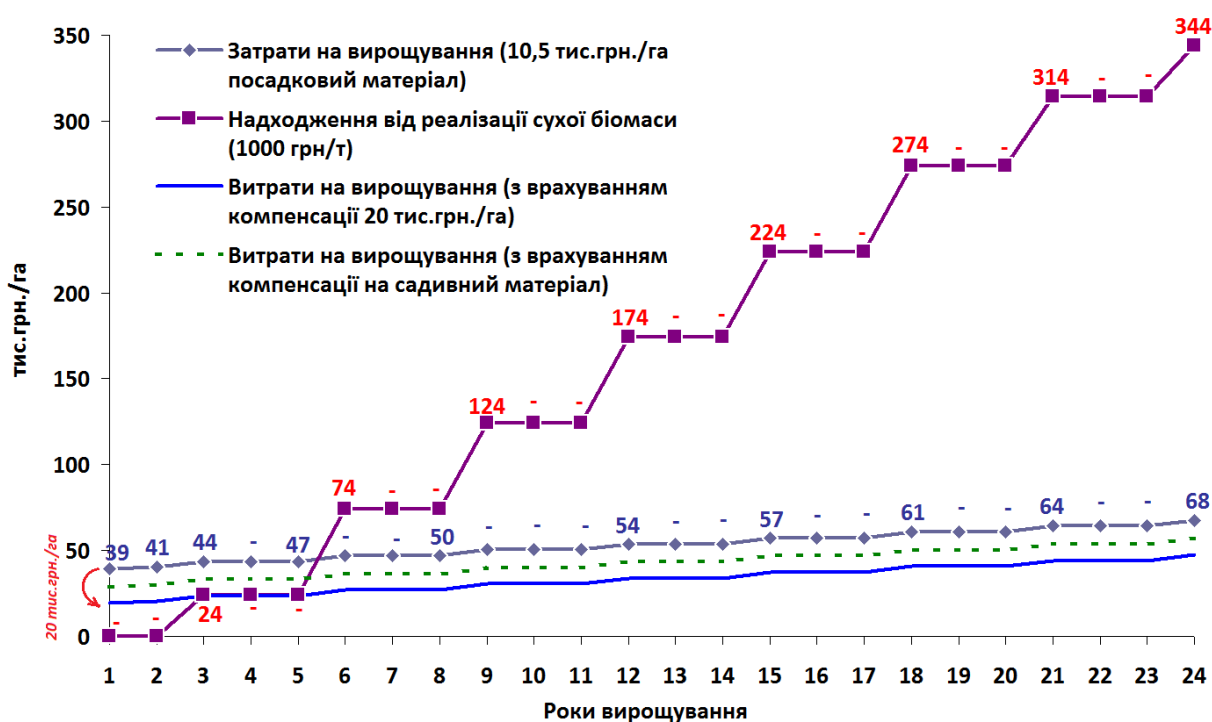


Рис. 3.4. Динаміка економічних показників за вирощування верби прутоподібної

Отже, за результатами досліджень було обґрунтовано необхідність та розмір компенсацій для сільськогосподарських виробників, зацікавлених у вирощуванні міскантусу та верби, які надані робочій групі з підготовки Проекту Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо сприяння розвитку сфери вирощування енергетичних рослин [68].

План заходів щодо активізації виробництва і використання твердого біопалива як альтернативи викопним видам палива

Першочергово на період воєнного стану

1. Тимчасово на період воєнного стану в Україні ввести акциз на експорт (або заборонити експорт) твердого біопалива (паливні гранули, брикети тощо).
2. Сформувати ринок технічних засобів для переробляння і використання біомаси (подрібнювачі деревини, лінії для гранулювання та брикетування біомаси, котли для прямого і двофазного спалювання біомаси тощо).
3. Організувати систему інфраструктурних об'єктів та розробити логістику використання твердого біопалива (криті майданчики для зберігання біомаси, тріски, паливних гранул).
4. Спростити процедуру введення в експлуатацію котлів та зерносушарок на твердому біопаливі.
5. Розробити і довести до місцевих громад плани переведення підприємств теплопостачання, промислових споживачів та бюджетних організацій на використання твердого біопалива.

На період післявоєнної відбудови

1. В Енергетичній стратегії України визначити роль, місце і стратегію розвитку біоенергетики в розрізі окремих видів біопалив.
2. Розробити і впровадити механізм стимулювання плантаційного вирощування багаторічних біоенергетичних культур.
3. Розробити географічні зони для вирощування різних біоенергетичних рослин, залежно від їхніх біологічних особливостей та ґрунтово-кліматичних умов, а також обґрунтувати обсяги вирощування біоенергетичних рослин для кожної області.
4. Закласти розсадники розмноження біоенергетичних культур:
 - міскантус – не менше ніж 800 га;
 - верба і тополя – не менше ніж 1200 га.

РОЗДІЛ 4. КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОЕТАНОЛУ

4.1. Світові тенденції виробництва та використання біоетанолу

У світі дедалі більше уваги приділяється пошуку шляхів використання поновлюваної енергії, накопиченої рослинами завдяки фотосинтезу. Країни з розвиненим промисловим виробництвом потребують великої кількості енергоресурсів. Водночас забезпеченість ними в кожній країні різна. Більшість країн, зокрема Україна, імпортують енергоносії з-за кордону. З метою зменшення залежності від імпортних енергоносіїв здійснюється пошук відновлюваних джерел енергії та технологій їх використання. Такими альтернативними видами палива є їх біологічні види (далі – біопаливо), які отримують як продукт перероблення органічної сировини. Сьогодні понад 50 країн світу (зокрема й Україна) законодавчо підтримують розвиток відновлюваних джерел енергії, шукаючи альтернативи традиційному паливу.

Біоетанол – це рідке спиртове паливо, яке виробляється із сільськогосподарської продукції, що містить цукор або крохмаль: цукрових буряків, кукурудзи, зернових культур, цукрового сорго тощо. На відміну від спирту, з якого виробляються алкогольні напої, паливний етанол не містить води і виробляється з укороченою дистиляцією, тому містить метанол і сивушні масла, що робить його непридатним для пиття. Біоетанол додається до бензину з метою покращання його екологічних характеристик.

Біоетанол, порівняно з традиційним бензином, має такі переваги:

- нижчу ціну;
- нижчу температуру згоряння, що зменшує знос двигуна;
- мийні властивості, що в разі постійного використанні дає змогу підтримувати паливну систему автомобіля в ідеальному стані;
- високе октанове число, чого важко досягнути у звичайних бензинах;
- високу антидетонаційну стійкість;
- низький уміст ароматичних вуглеводнів та, на відміну від бензинів, риформінгу, повну відсутність бензопірену;
- відсутність у біопальному важких вуглеводнів, завдяки чому пробіг автомобіля між зміною мастила на біопальному вдвічі більший, ніж на бензині;
- виробництво біопального є екологічно безпечнішим та технологічно простішим порівняно з виробництвом будь-якого бензину.

Однак, слід згадати і про недоліки, серед яких найсуттєвішим є майже удвічі нижча енергоємність. Зокрема, у бензинів енергоємність у середньому становить 42 МДж/кг, у біоетанолу – 25 МДж/кг.

Чистий (100 %) біоетанол можна використовувати як пальне тільки на автомобілях з переобладнаними двигунами (*flex-fuel-vehicles*), які поширені у Бразилії. У США широко використовується пальне E85 (85 % біоетанолу, 15 % бензину), E20 та E10. У деяких штатах США домішування 10 % біоетанолу до

бензину є обов'язковим. У Бразилії з 2007 року обов'язково потрібно додавати до бензину 25 % біоетанолу. У країнах Євросоюзу помітна така ж тенденція, наприклад, із 2011 року Німеччина дозволила домішувати 10 % етанолу до бензинів (але це поки що дозвіл, а не вимога). У більшості штатів Індії обов'язковим є домішування 5 % біоетанолу до бензину.

Сировинна база для виробництва біоетанолу для різних країн є різною і враховує ґрунтово-кліматичні умови та розвиток інфраструктури (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Основна сировина, яку використовують для виробництва біоетанолу, в різних країнах

Країна	Сировина для виробництва біоетанолу
Бразилія	Цукрова тростина, соєві боби, пальмова олія
Канада	Кукурудза, пшениця, солома
Китай	Кукурудза, пшениця, маніок, цукрове сорго
ЄС	Пшениця та інші зернові культури, цукрові буряки
Індія	Меляса, цукрова тростина
Таїланд	Меляса, маніок, цукрова тростина
США	Кукурудза

Факторами, що сприяють розвитку світового виробництва біопалива, зокрема й біоетанолу, є:

- швидке вичерпання світових запасів нафти й газу (за світовими прогнозами, за наявних темпів видобування і споживання їх вистачить до 2040–2050 рр.);
- стабільно зростаючий попит на енергоносії;
- загострення глобальних проблем екологічної безпеки;
- можливість зниження залежності країн від імпорту енергоресурсів;
- зростання потенціалу аграрного виробництва, що змушує аграріїв шукати альтернативні напрями використання й переробки сільськогосподарської сировини.

З огляду на ці фактори, більшість країн світу визнали стратегічну значимість розвитку біоенергії, про що свідчать стабільно зростаючі обсяги виробництва. Зокрема, з 2000 року виробництво біоетанолу зросло у 3,7 раза – з 23,2 до 86,7 млн т (рис. 4.1).

На кінець 2019 року, у світі нараховувалось 575 заводів із виробництва етанолу загальною потужністю 80,6 млн т. Завдяки додаванню біоетанолу до бензину, економія нафти у 2019 році становила 50,7 млн т, що дорівнює річному споживанню її в Нідерландах і Польщі разом узятих. Найбільшими виробниками біоетанолу у світі є: США – 54,4 %, Бразилія – 29,6 %, ЄС – 4,7 %, Китай – 3,4 % і Канада – 1,8 %, інші країни – 2,4 % (рис. 4.2).

За даними Міжнародного енергетичного агентства прогнозується обсяг виробництва біоетанолу у світі у 2020 р. за оптимістичним прогнозом – 211 млн т, за песимістичним – 141 млн т. Обсяг світової торгівлі біоетанолу становитиме близько 10 % від загального світового обсягу виробництва. Лідерами виробництва залишаться США та Бразилія.

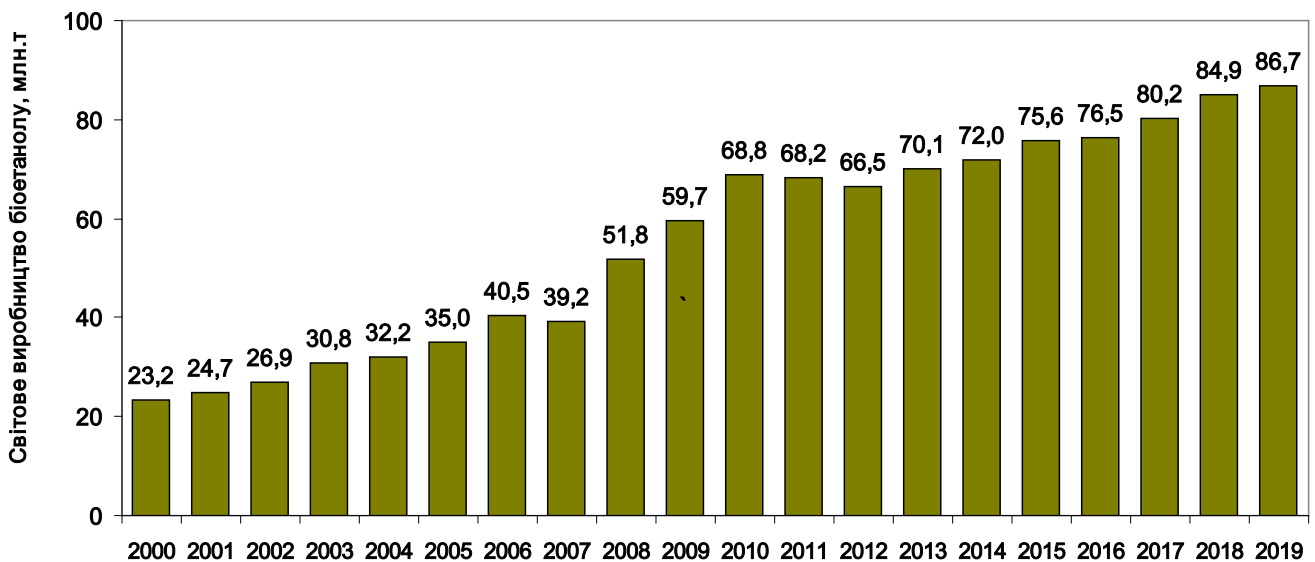


Рис. 4.1. Світові обсяги виробництва біоетанолу
(Джерело: RFA <https://ethanolrfa.org/>)

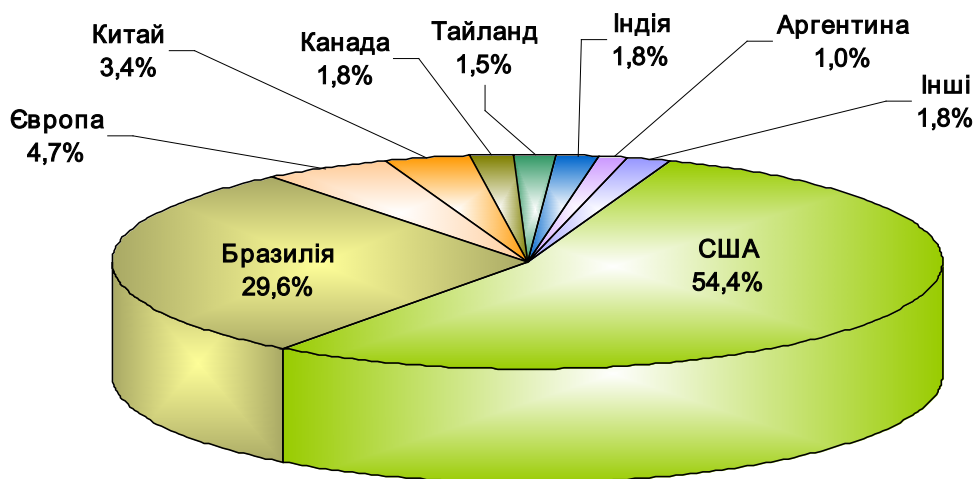


Рис. 4.2. Структура світового виробництва біоетанолу
(Джерело: RFA <https://ethanolrfa.org/>)

США є яскравим прикладом виваженої державної політики щодо споживання біоетанолу останніми роками. Енергетична мета президента США – за 10 років скоротити споживання нафти на 4 млн бар./добу, тобто обсяг, який зараз імпортують із Близького Сходу та Венесуели. Власний видобуток задовольняє 38,6 % сумарного споживання нафти. США з обсягом понад 50 млрд л є найбільшим виробником біоетанолу у світі. У США підприємствами, які називаються «біоерафінеріями», у 2011 році було вироблено 52,6 млрд л біоетанолу, що дало змогу відмовитися від імпорту 61,7 млн т нафти (13 % загального імпорту). Велика американська нафтохімічна компанія DuPont має намір побудувати в штаті Айова найбільший у світі завод з виробництва біоетанолу, який зможе переробляти 1,3 тис. т кукурудзи щодня і виробляти 27,5 млн л етанолу на рік.

У Бразилії виробництво біоетанолу як пального для автомобілів розпочато в 1975 р., оскільки він був на 40 % дешевший за найбільш низькоякісного бензину. Це й визначило тенденцію до заміни бензину етанолом. Зокрема, у 2011 році у Бразилії частка авто, що споживають бензин зі вмістом 25 % біоетанолу, сягнула 50 %, а до 2020 року планувалось довести її до 86 %. Держава організувала оптові закупівлі біоетанолу для власних потреб.

Однак мало організувати виробництво, одна з основних проблем – стимулювання збуту. Для цього уряд Бразилії зобов'язав усіх основних виробників та імпортерів автомобілів продавати авто, здатні працювати на чистому етанолі без додавання бензину.

Стрімкими темпами галузь біоенергетики розвивається в Канаді. І хоча ця країна входить у десятку найпотужніших експортерів нафти, проте питання диверсифікації енергетичного портфеля за рахунок включення у нього альтернативних відновлюваних джерел сировини активно розглядається на міжнародному рівні. Ще у 1984 році була створена Канадська асоціація відновлюваних джерел палива, яка нині об'єднує 10 чинних етанолових заводів загальною потужністю 715 млн л та шість заводів на стадії будівництва. Загалом у 2010 році обсяги виробництва етанолу в Канаді досягли 1 млрд л за рік. На період до 2016 року канадський уряд планував виділити на розвиток екоенергетики понад 1,5 млрд доларів.

У Європі вважається, що біоетанол з поновлюваної рослинної сировини є найперспективнішим альтернативним паливом. Тому, згідно із директивою ЄС, усі бензини, що споживаються на його території, до 2010 року повинні були містити у своєму складі не менше ніж 5,75 % біоетанолу, з 2010 по 2020 роки – 10 %, а з 2020 року – не менше ніж 20 %.

Ці світові тенденції свідчать про перспективність діяльності у сфері виробництва біоетанолу в найближчі роки, адже наразі це одна із основних альтернатив традиційним джерелам енергії. Про це свідчить послідовна та ґрунтовна підтримка галузі з боку урядів розвинених країн та міждержавних організацій, а також інтерес певних бізнес-структур. Головною ж запорукою подальшого розвитку біоетанолу як альтернативного джерела енергії є функціонування та розвиток відповідного ринку, що створювався протягом тривалого часу як підґрунтя галузі.

4.2. Сировина для виробництва біоетанолу в Україні

Щорічно в Україні використовується близько 4,5 млн т різних марок бензину. Згідно з прийнятим у першому читанні Законом «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери використання рідкого біопалива(біокомпонентів)», з 2023 року частка біоетанолу в бензині, який постачається і використовується на території України, має становити не менш як 4,8 % (енергетичних), це близько 8 % за масою. З 2025 року частка біоетанолу в бензинах має зрости до 6,9 % (енергетичних), що відповідає 11,5 % за масою. Отже, для забезпечення виконання норм Закону в Україні необхідно виготовляти близько 520 тис. т біоетанолу.

Джерелом сировини для виробництва біоетанолу є цукроносні культури (цукрові буряки, цукрове сорго, цикорій та інші), крохмаленосні культури (картопля, топінамбур, кукурудза на зерно, пшениця, ячмінь та інші), а також целюлозомістка біомаса. Найефективнішою традиційною для України цукроносною культурою для виробництва біоетанолу є цукрові буряки (*Beta vulgaris*), які відзначаються високим потенціалом продуктивності. З одного гектара енергетичних цукрових буряків (за врожайності коренеплодів 60 т/га) можна отримати понад 4,3 т біоетанолу (рис. 4.3).

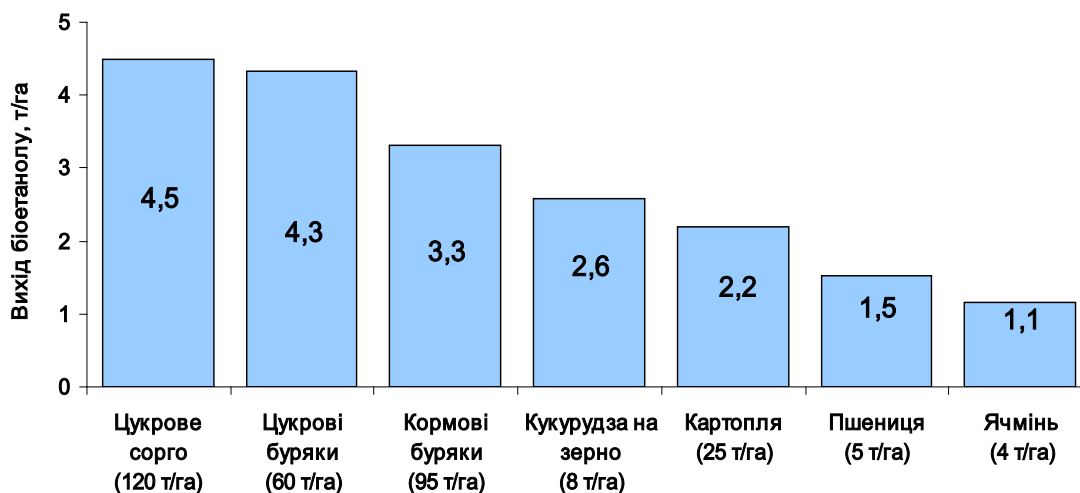


Рис. 4.3. Потенційно можливий вихід біоетанолу з 1 га посівів різних сільськогосподарських культур

Упродовж останніх років спостерігається стійка тенденція до зменшення площ посівів цукрових буряків. Причиною цього є відсутність ринків збуду цукру. Для забезпечення внутрішніх потреб у цукрі, а це 1,8 млн т, достатньо висіяти цукрові буряки на площі близько 350 тис. га. Однак, для забезпечення збалансованої системи сівозмін в Україні площа цукрових буряків має становити близько 650 тис. га. У разі організації виробництва біоетанолу ці площі можуть бути задіяні для вирощування енергетичних цукрових буряків. Це дасть змогу щорічно отримувати до 27 млн т коренеплодів, половину з яких залучити на виробництво цукру для забезпечення внутрішнього ринку, а з отриманої меляси виготовляти до 140 тис. т. біоетанолу (табл. 4.2). Решту 15 млн т коренеплодів цукрових буряків можна переробляти на біоетанол. Це дозволить щорічно виробляти до 1,3 млн т біоетанолу.

Таблиця 4.2

Диверсифіковане перероблення цукрових буряків на цукор і біоетанол

Валовий збір цукрових буряків, млн т, для виробництва:		Виробництво цукру для внутрішнього споживання, млн т	Вихід меляси, млн т	Виробництво біоетанолу, млн т:	
цукру	біоетанолу			з меляси	з коренеплодів
12	15	1,5	0,59	0,14	1,15

Для виробництва біоетанолу на цукрових заводах необхідно здійснити їх модернізацію, що дасть змогу здійснювати робочий цикл за одним із чотирьох напрямів (рис. 4.4) залежно від кон'юнктури ринку. За першим (класичним) способом буряки переробляються на цукор, а меляса – на біоетанол. Отриманий таким чином біоетанол матиме найнижчу собівартість ($\approx 0,7$ дол./л), однак його кількість не перекриє внутрішньої потреби. За другим способом усі коренеплоди переробляються на біоетанол, собівартість якого при цьому зростає до 1,0 дол./л. Третім способом передбачено, що частина очищеного соку йде на виробництво цукру, а інша частина – біоетанолу. Вартість біоетанолу, за такого способу його виробництва, зростає до 1,1 дол./л. Четвертий спосіб полягає в отриманні цукрового сиропу, який згодом буде перероблятися на біоетанол. Це дає змогу розтягнути в часі процес виробництва біоетанолу, але збільшує його собівартість майже до 1,2 дол./л.

Отже, в умовах України цукрові буряки є найперспективнішою культурою для виробництва біоетанолу, що має здійснюватися на модернізованих цукрових заводах. Виробництво біоетанолу з цукрових буряків дасть змогу відродити в Україні галузь буряківництва і стабілізувати посівні площі під цією культурою на рівні 650 тис. га, що позитивно вплине на структуру сівозмін.

Разом з тим, потрібно розробляти екологізовані ресурсоощадні технології вирощування й перероблення цукрових буряків на біоетанол, оскільки з 2018 року біоетанол, отриманий з буряків, не відповідає Вимогам сталості щодо зменшення викидів парникових газів.

Найпоширенішою сільськогосподарською культурою для виробництва біоетанолу у світі є кукурудза на зерно. Зерно кукурудзи є популярною сировиною для виробництва етанолу через відносну легкість виготовлення біоетанолу. Процес перетворення зерна кукурудзи в етанол включає в себе: подрібнення, приготування маси за допомогою ферментів, бродіння з дріжджами і дистиляції, для видалення води через молекулярне сито.

Кукурудзяне зерно є доброю сировиною для виробництва біоетанолу через уміст у ньому крохмалю, який порівняно легко перетворюється в біоетанол. Відомо, що з 1 кг крохмалю можна отримати 0,53 кг біоетанолу. Тому з 1 т зерна кукурудзи можна отримати близько 330 кг біоетанолу, 300 кг барди та 370 кг вуглекислого газу. У Бразилії та США близько 90 % біоетанолу виробляється саме із зерна кукурудзи. Для виробництва біоетанолу використовується 13 % валових зборів цієї культури.

Україна входить до десятки провідних виробників зерна кукурудзи та до п'ятірки експортерів. У 2022 році посівні площі цієї культури в Україні становлять близько 5 млн га. Прогнозований валовий збір за врожайності 6 т/га становить 30 млн т. Переробка близько 1,7 млн т (5,7 %) зерна кукурудзи на біоетанол забезпечить внутрішні потреби в цьому виді біопалива, передбачені відповідним Законом України.

Однак слід пам'ятати, що виробництво біоетанолу з зерна кукурудзи з 2017 року не зараховується до нових високих нормативних часток відновлюваної енергії та виключається з програм підтримки в ЄС та країнах-членах (див. рис. 4.4).

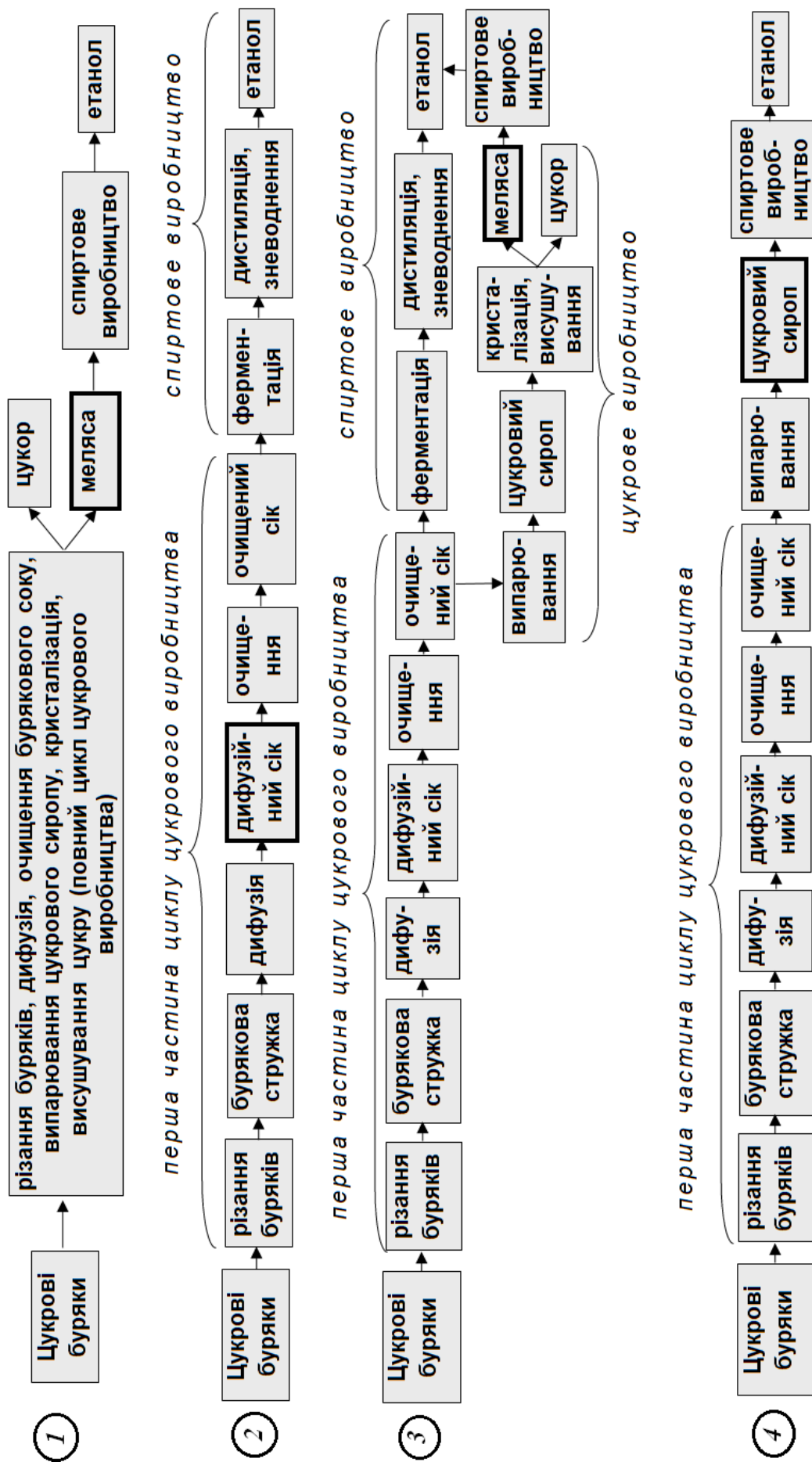


Рис. 4.4. Варіанти переробки цукрових буряків на цукор та біоетанол

Перспективною для України рослиною, біомаса якої може використовуватися для виробництва біоетанолу, є цукрове сорго, здатне формувати стабільно високі врожаї навіть за несприятливих погодних умов. З одного гектара посівів цієї культури можна збирати 90...120 т/га біомаси із загальним умістом цукрів у соку до 20 %. Цукрове сорго, як і цукрові буряки, є універсальною культурою, сировина якої може використовуватись як у харчовій промисловості, так і для виробництва біопалива (рис. 4.5).

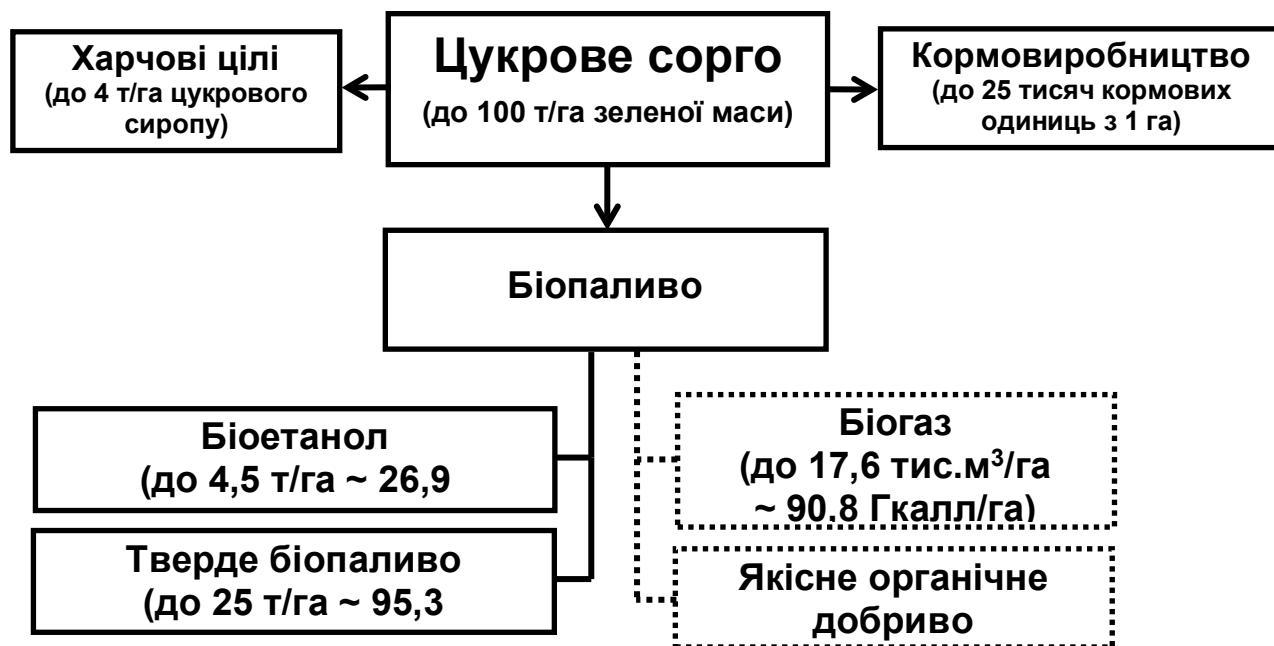


Рис. 4.5. Потенційне використання сировини цукрового сорго

Сік зі стебел цукрового сорго, отриманий вальцевим пресуванням, за загальним умістом цукрів не поступається цукровій тростині, але, на відміну від останньої, окрім сахарози містить значну частку глюкози, фруктози та розчинного крохмалю, який перешкоджає кристалізації. Тому із соку цукрового сорго виготовляють не кристалізований, а рідкий цукор (сироп). Вихід такого соку становить близько 20 % від маси стебел. Подальше видалення соку дає змогу отримати ще 40 % соку з підвищеним умістом сухих речовин, який може використовуватися для виробництва біоетанолу. Після цього вологість стебел цукрового сорго не перевищує 50 %, тому вони можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул або брикетів). У разі потреби стебла після вилучення соку можна використати у біогазових генераторах для отримання біогазу.

Завдяки високому рівню посухостійкості, цукрове сорго можна вирощувати у південних регіонах України. Крім того, біоетанол з цукрового сорго відповідає Вимогам сталості, а отже на нього будуть поширюватись програми фінансової підтримки в ЄС та країнах-членах (див. рис. 4.4).

Отже, потенціал цукромісткої біомаси в Україні дає змогу виробляти приблизно 1,2 млн т біоетанолу, що еквівалентно 0,7 т н. е.

План заходів, спрямованих на розвиток виробництва і використання біоетанолу в Україні

1. Прийняти в цілому Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери використання рідкого біопалива (біокомпонентів)» і забезпечити його виконання.

2. Створити реєстр підприємств, задіяних у виробництві біоетанолу та довести квоти на обсяги виробництв.

3. Організувати систему інфраструктурних об'єктів та розробити логістику виробництва, транспортування, зберігання та використання біоетанолу та бензинових сумішей з його добавками.

4. Розробити та ввести поетапний план обмежень використання технічних засобів, які використовують бензини без додавання біоетанолу.

РОЗДІЛ 5.

ПОПЕРЕДНЄ ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ КРУПНИХ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ У СКЛАДІ ОБ'ЄДНАНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД (ОТГ)

5.1. Організаційні та техніко-економічні передумови створення в Україні біоенергетичних кластерів

У період 2020–2021 рр. в Україні практично завершено юридичне оформлення процесу децентралізації державного управління народним господарством, перший період якого відбувався в 2014–2019 рр. Зокрема, у 2014 р. уряд України схвалив концептуальний документ «Концепція реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади» та підготував відповідний проєкт змін до Конституції, високо оцінений Венеціанською комісією. Однак з політичних причин зміни до Конституції не були внесені. Натомість прийнято ряд документів, які дозволяють здійснювати процеси децентралізації в межах чинного тексту Конституції. Серед них: «Про внесення змін до Бюджетного і Податкового кодексу України», «Про добровільне об'єднання територіальних громад», запровадження інституту старост в ОТГ, Закони «Про співробітництво територіальних громад», «Про засади державної регіональної політики», які забезпечують розвиток інфраструктури ОТГ (ріст від 0,5 до 20,75 млрд грн, або у 41,5 разів за період 2014–2019 рр.

У 2020 році Уряд затвердив новий адміністративно-територіальний устрій базового рівня, відповідно до якого в Україні створено 1469 територіальних громад, які покривають усю територію України (зокрема 31 ОТГ на окупованій території). У липні 2020 року Верховна Рада прийняла також Постанову № 3650 «Про утворення та ліквідацію районів», згідно з якою в Україні зараз 136 районів замість 490 старих (17 районів знаходяться на окупованій території). На кінець 2021 року функціонувало 119 районів і 1439 ОТГ, площею 576,6 тис. км², або 57 660 тис. га з населенням 38,1 млн осіб (табл. 5.1). Розмір одного ОТГ дорівнює 40 010 га, з них площі сільськогосподарських угідь – 28 тис. га, зокрема ріллі – 25 тис. га на одну громаду. Решта 12 тис. га – сіножаті, пасовища, перелоги і багаторічні насадження.

Щодо цукрового ринку України, то він в організаційному, нормативно-правовому і технологічному забезпеченні значно відстає від ринків західних країн. Його характерними ознаками є значна нестабільність – різкі зміни розмірів посівних площ під цукровими буряками і обсягів виробництва цукру, перепади оптово-відпускних цін, монопольний вплив на цукровиробництво: 8–10 крупних агрофірм-холдингів, які контролюють до 80 % ринку цукру в Україні.

Після затяжної економічної кризи в бурякоцукровій галузі України, спричиненої ринковими трансформаціями 1990-х років, яка тривала довгий період. Починаючи з 2014 року, виробництво дещо стабілізувалось: зросла врожайність коренеплодів до 48–51 т/га проти 30–35 т/га в попередні роки, цукристість – до 16,5–17,7 % проти 15,0–16,0 %, виробництво цукру в розрахунку на 1 га – до

6,0–7,0 т проти 3–4 т. Однак, у 2018 і 2019 роках різко скоротилися посівні площі – до 274,7 і 221,3 тис. га з виробництвом цукру на рівні 1,73 і 1,47 млн т відповідно. У 2020 році було вироблено лише 1,15 млн т. Виробництво три роки було збитковим. У 2022 році стан виробництва погіршився у зв'язку з війною. У цьому році цукрові буряки були зібрані з площі всього 179,4 тис. га.

Таблиця 5.1

Площа області, ОТГ та кількість населення, громад, районів в областях України, 2020 р.

Назва області	Площа області, км ²	Кількість населення, осіб	Кількість громад	Площа однієї ОТГ, км ²	Кількість районів
Вінницька	26 513	1 545 416	63	420,8	6
Волинська	20 144	1 031 421	54	373,0	4
Дніпропетровська	31 914	3 176 978	86	371,1	7
Донецька	26 517	1 843 578	46	576,5	5
Житомирська	29 832	1 208 212	66	452,0	4
Закарпатська	12 777	1 253 791	64	199,6	6
Запорізька	27 180	1 682 534	67	405,7	5
Запорізька	27 180	1 682 534	67	405,7	5
Івано-Франківська	13 900	1 368 097	62	224,2	6
Київська	28 131	1 781 044	69	407,7	7
Кіровоградська	24 588	933 209	49	501,8	4
Луганська	26 684	661 028	26	1026,3	4
Львівська	21 833	2 512 084	73	299,1	7
Миколаївська	24 598	1 119 862	52	473,0	4
Одеська	33 310	2 377 191	91	366,0	7
Полтавська	28 748	1 386 079	60	479,1	4
Рівненська	20 047	1 152 961	64	313,2	4
Сумська	23 834	1 068 247	51	467,3	5
Тернопільська	13 823	1 036 590	55	251,3	3
Харківська	31 415	2 654 375	56	561,0	7
Херсонська	28 461	1 027 913	49	580,8	5
Хмельницька	20 645	1 254 702	60	344,1	3
Черкаська	20 900	1 192 137	66	316,7	4
Чернівецька	8097	901 632	52	155,7	3
Чернігівська	31 865	991 294	57	559,0	5
місто Київ	847	2 962 180	1	847,0	0
Загалом	576 603	38 122 555	1439	400,7	119

Джерело: дані Державної служби статистики України.

З метою стабілізації цукровиробництва і підвищення рівня конкурентоспроможності українських виробників цукру на світовому ринку необхідно в близькій перспективі здійснити такі конкретні заходи:

- оптимізувати розміри посівних площ і обсяги виробництва цукрових буряків і цукру, переробні потужності цукрових заводів та їхні сировинні зони, забезпечивши реальний радіус доставляння сировини 35–40 км;
- впровадити інноваційні біоадаптивні екологічнобезпечні технології вирощування цукрових буряків та відновити зерно-бурякові сівозміни;

– поліпшити якість коренеплодів за показниками вмісту К, Na і α -амінного азоту; та цукру – за сортністю і кольоровістю;

– переглянути нормативно-правові акти держави щодо регулювання ринку цукру в умовах його лібералізації, структурувати та оптимізувати управління бурякоцукровим виробництвом на державному і місцевому рівнях відповідно до практики розвинених бурякосійних держав світу – Франції, Німеччини, Польщі;

– здійснити реальну диверсифікацію бурякоцукрового виробництва на випуску не тільки цукру, а й іншої продукції аграрного сектора, яка організаційно і технологічно поєднується з цукровим виробництвом;

– залучити для реконструкції і технічного переоснащення галузі передові світові фірми;

– здійснити відновлення потенціалу галузі на основі поширення процесів інтеграції і диверсифікації, широкого застосування кластеризації.

Україна традиційно бурякосійною країною з максимальним розміром посівних площ під цукровими буряками в минулому 1650 тис. га, валовим збором коренеплодів 50 млн т на рік, які перероблялись на 192 цукрових заводах загальною потужністю 509,8 тис. т на добу. За період ринкових трансформацій посівна площа під цукровими буряками скоротилась у 4–7 разів і досягла у 2015 р. – 237 тис. га, у 2021 р. – 219 тис. га. За внутрішньої потреби 1,5–1,6 млн т цукру в рік з урахуванням можливого експорту оптимальна посівна площа під цукровими буряками на наступну п'ятирічку 2021–2025 рр. мала бути на рівні 300–325 тис. га. На родючих землях, що раніше були під цукровими буряками, також можна в перспективі розмістити (крім кукурудзи, ріпаку, соняшника і сої) ще 500–600 тис. га посівів цукрових буряків для виробництва не тільки цукру, а й біоетанолу та біогазу. Найперше це стосується родючих земель у Вінницькій, Кіровоградській, Львівській, Полтавській, Сумській, Тернопільській, Харківській, Хмельницьких областях, де не тільки найсприятливіші ґрунтово-кліматичні умови для цієї культури, а й була добре розвинена матеріальна база бурякоцукрового виробництва і його інфраструктура у вигляді діючих, законсервованих і навіть ліквідованих цукрових заводів, від яких залишилися площадки, під'їзні шляхи, поселення, водоймища, дороги, теплові та інші мережі, побутові споруди та ін.

У зв'язку з цим, у бурякоцукровій галузі назріла проблема капітальної реструктуризації виробництва і переведення його на біоенергетичну базу.

Реальні передумови й можливості в Україні для цього є.

Аналіз процесів створення і виробничої діяльності біоенергетичних компаній в Україні в попередні роки свідчить про те, що найбільш сталими і продуктивними є біоенергетичні конгломерати, побудовані на базі цукрових заводів, а також крупних птахофабрик, свиноферм, у деяких випадках – на базі деревообробних підприємств. Як показало вивчення діяльності окремих біоенергетичних структур (Глобинський цукровий завод, Теофіпольський цукровий завод, Узинський цукровий завод, Ставищенський біоенергетичний комплекс, Згурівський цукровий завод та ін.), основними інтегруючими виробничими об'єктами такого біоенергетичного комплексу є саме цукровий завод відповід-

ної потужності, а складовими частинами комплексу виступають такі об'єкти: окремий біоетанольний завод; біогазовий завод; зерновий елеватор; комбікормовий завод; тваринницький комплекс, зокрема забійня; цех з виготовлення дріжджів; цех виготовлення біопластику; цех виготовлення добрив; установка для виготовлення твердих видів палива; у деяких випадках – фотобіореактор; електромережа і тепломережа; інші допоміжні виробництва – соєві заводи, кондитерські цехи і т. п.

Зокрема, із 33 цукрових заводів, які працювали у 2021 році, тільки шість перейшли на біопаливо, відповідно із 23-х у 2022 році тільки п'ять працювали на біопаливі (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Види біопалива, яке використовують цукрові заводи у виробництві, що працювали у 2021–2022 рр.

Область, цукрові заводи	Вид палива	Цукрові заводи, що працювали у ..., ±	
		2021 р.	2022 р.
Вінницька область ТОВ «ПК «Зоря Поділля» (Гайсин)	Частково природний газ, пелети соняшника	+	+
ПрАТ «ПК «Поділля» (Крижопільський)	Вугілля, пелети	+	+
ТзОВ «Юзефо-Миколаївська АПК»	Природний газ, частково біогаз	+	+
Київська область ТОВ «Красвід» (Згурівський)	Торф, частково природний газ	+	+
ТДВ «Узинський цукровий комбінат»	Пелети	+	–
Полтавська область ТОВ «Цукоагропром філія Глобинський цукровий завод»	Біогаз	+	+

Джерело: Розроблено за даними НАЦУ «Укрцукор».

Основною виробничою базою біоенергетичних комплексів у складі ОТГ, крім переробних і допоміжних підприємств, є земля, площа якої в різних громадах є різною – від 155,7 (Чернівецька обл.) до 1026,3 км² (Луганська обл.), тому в областях є також різною кількість громад і адміністративних районів. Різкі відмінності за розмірами ОТГ і кількістю населення в них наявні також у середині адміністративних районів. Тому виконати техніко-економічне обґрунтування для кожного випадку в його класичному варіанті на сучасному етапі неможливо.

Іншими обставинами є також незавершеність самого процесу децентралізації на місцях, невідпрацьованість взаємовідносин між районами і ОТГ, невизначеність фінансових можливостей окремих ОТГ щодо інвестицій у розвиток біоенергетичних комплексів; незавершеність процесів землеустрою і ринку землі, місця і можливостей ОТГ в цих процесах. Тому в роботі здійснено попереднє техніко-економічне обґрунтування, яке, по суті, є його концептом (інноваційною ідеєю). За таких умов усі елементи дослідження побудовано на еталонному варіанті – середньостатистичній ОТГ, який визначено в розділі 5.2.

5.2. Виробнича структура та основні види продукції біоенергетичних кластерів

Основні види продукції біоенергетичного кластеру: цукор, біоетанол, біогаз, біопластмаса, білкові добавки, добрива, борошно, клітковина, цукерки, дріжджі, крохмаль, зерно, тваринна продукція, електроенергія, тепло, тверді види палива.

В основних районах бурякосіяння середня площа ОТГ нерівномірна – від 25 тис. га (Тернопільська обл.) до 56 тис. га (Харківська, Чернігівська обл.). Типовий для України є цукровий завод потужністю 5 тис. т переробки цукросировини на добу потребує посівної площі під цукровими буряками розміром щонайменше 8 тис. га. При двох полях десятипільної зерно-бурякової сівозміни загальна площа має становити близько 40 тис. га. Ураховуючи ту обставину, що в структурі земельних угідь України сільськогосподарські угіддя займають 70 %, а площа ріллі – 62,5 %, для високопродуктивного функціонування типового цукрового заводу необхідна площа розміром 91,4 тис. га, з яких 64 тис. га мають займати сільгоспугіддя і 40 тис. га – рілля. Тому типовий цукровий завод (за деякими винятками) не може вписатись в окрему територіальну громаду. Навпаки, потрібно дві-три, або іншу кількість громад, які мають діяти в сировинній зоні типового цукрового заводу. На основі такого модельного об'єкту з площею сільськогосподарських угідь 64 тис. га і площею ріллі 40 тис. га, здійснено таке техніко-економічне обґрунтування функціонування біоенергетичних кластерів у галузі.

Орієнтовна структура та розміри біоенергетичного кластеру

Ядром комплексу і його основним складником має стати цукровий завод потужністю не менше ніж 5 тис. т переробки коренеплодів цукрових буряків на добу. За оптимальний сезон переробка коренеплодів (90–100 діб) завод має переробити 480 тис. т цукросировини, за умови, що її врожайність становитиме 60 т/га. Для вирощування такої кількості необхідна площа посіву цукрових буряків 8000 га при розміщенні кластеру в зоні достатнього зволоження. Таке формування має запровадити в господарствах сировинної зони 10-пільні зерно-бурякові сівозміни такого типу:

№ з/п	Культури	Площа, га
1.	Конюшина на 2 укоси	4000
2.	Озима пшениця	4000
3.	Цукрові буряки	4000
4.	Соя	4000
5.	Озима пшениця + пожнивні культури	4000
6.	Кукурудза на силос	4000
7.	Озима пшениця	4000
8.	Цукрові буряки	4000
9.	Озима пшениця	4000
10.	Ячмінь із підсівом трав	4000
	Усього	40 000

Джерело: Розроблено авторами.

Залежно від регіону і розмірів ОТГ, можуть бути і інші схеми сівозміни, а також розміри й види кластерів. У таблиці 5.3 подано кількість громад за категоріями в розрізі областей.

Середній розмір площі однієї об'єднаної громади згідно з даними таблиці 5.3 становить 23 720 га. В основних бурякосійних областях України середні розміри ОТГ такі (тис. га): у Вінницькій – 12,0, Київській – 21,7, Полтавській – 18,9, Тернопільській – 12,5, Харківській – 29,2, Хмельницькій – 24,7, Сумській – 27,2 тис. га. Очевидно, що у Вінницькій, Полтавській і Тернопільській областях може йтися про створення комплексу-кластеру на базі декількох ОТГ або про два-три кластери меншого розміру. Зате Житомирська й Чернігівська області для цього підходять оптимально – відповідно 34,9 і 41,0 тис. га.

Таблиця 5.3

Кількість утворених громад за категоріями в розрізі областей на 21.08.2020

Область	Кількість утворених громад				Площа однієї ОТГ*, га
	міських	селищних	сільських	усього	
Вінницька	9	13	24	46	12061
Волинська	4	14	36	54	21 807
Дніпропетровська	8	24	39	71	29 897
Донецька	6	2	5	13	40 215
Житомирська	8	17	31	56	34 902
Закарпатська	5	1	11	17	9876
Запорізька	6	12	38	56	33 361
Івано-Франківська	5	12	22	39	10 303
Київська	8	7	9	24	21 771
Кіровоградська	4	6	17	27	22 359
Луганська	0	8	10	18	39 044
Львівська	9	10	22	41	12 359
Миколаївська	4	10	28	42	29 960
Одеська	5	10	22	37	31 181
Полтавська	8	14	31	53	18 917
Рівненська	3	7	35	45	17 449
Сумська	10	11	17	38	27 253
Тернопільська	13	14	27	54	12 543
Харківська	3	12	8	23	32 935
Херсонська	2	10	21	33	29 236
Хмельницька	7	18	26	51	24 741
Черкаська	6	6	45	57	14 912
Чернівецька	10	4	23	37	10 441
Чернігівська	13	19	18	50	41 082
Загалом	156	261	565	982	23 720

Джерело: Дані Державної служби статистики України.

Процес створення ОТГ далеко не завершений, і комбінації з цього приводу можуть бути різні. Ідеться поки що про принципи й основні засади створення та функціонування таких біоенергетичних кластерів.

За приклад для розрахунків авторами проєкту взята сировинна база біоенергетичного комплексу з площею 40 тис. га та сучасною 10-пільною сівозміною з набором високоприбуткових культур і цукрового заводу потужністю 5 тис. т переробки сировини на добу.

Такий комплекс ОТГ може виробити в рік таку кількість продукції (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Посівні площі, показники виробництва і прибутковості аграрного виробництва у складі біоенергетичного кластеру (за цінами на 01.01.2022)

Культури сівозміни	Площа, тис. га	Урожайність, т/га	Валовий збір, тис. т	Реалізаційна ціна, грн/т	Виручка, млн грн	Собівартість 1 т, грн	Загальна собівартість, млн грн	Прибуток, млн грн	Рівень рентабельності, %
Конюшина – 2 укуси	4	30	120	1540	184,8	1050	126,0	58,8	46,7
Озима пшениця	4	6	24	9000	216,0	4900	117,6	98,4	83,7
Цукрові буряки	4	60	240	1165	279,6	890	213,6	66,0	30,9
Соя	4	2,5	10	13 409	134,1	5012	50,1	84,0	167,5
Озима пшениця	4	6	24	9000	216,0	4900	117,6	98,4	83,7
Кукурудза на силос	4	27	108	1960	211,7	910	98,3	113,4	115,4
Озима пшениця	4	6	24	9000	216,0	4900	117,6	98,4	83,7
Цукрові буряки	4	60	240	1165	279,6	890	213,6	66,0	30,9
Озима пшениця	4	6	24	9000	216,0	4900	117,6	98,4	83,7
Ячмінь з підсівом трав	4	5	20	7000	140,0	4480	89,6	50,4	56,3
Усього	40	–	–	–	2093,8	–	1261,6	832,2	66,0

Джерело: Власні розрахунки.

У разі переробляння 480 тис. т сировини продукція цукрового заводу становитиме:

- цукру – 67,2 тис. т;
- меляси – 19,2 тис. т;
- пресованого жому – 114,2 тис. т.

Можливий вихід:

- біоетанолу з меляси – 5,5 тис. т;
- біогазу з жому – 11,4 млн м³.

Крім того, може бути одержано 10 тис. т насіння сої, 96 тис. т зерна озимої пшениці, 480 тис. т коренеплодів цукрових буряків, 20 тис. т зерна ячменю, 108 тис. т маси кукурудзи на силос.

За наявними до війни цінами, біоенергетичний комплекс зміг би виробити рослинницької продукції на суму 2093,8 млн грн за загальної собівартості 1261,6 млн т та рентабельності 66,0 %. Найбільший прибуток може принести озима пшениця, соя та цукрові буряки. Окупність витрат на вирощування культур 10-пільної сівозміни наведені в таблиці 5.5.

Попередні розрахунки свідчать про те, що в умовах ОТГ можуть бути створені оптимальні умови для розвитку аграрного сектору мегакластеру.

**Окупність капітальних вкладень у виробництво
сільськогосподарських культур біоенергетичного кластеру**

№ з/п	Показники	Одиниця виміру	Конюшина	Озима пшениця	Цукрові буряки	Соя	Кукурудза на силос	Ячмінь	Усього
1	Площа	га	4000	16000	8000	4000	4000	4000	40 000
2	Собівартість	млн грн	126,0	470,4	427,2	50,1	98,3	89,6	1261,6
	в т.ч. оплата праці	млн грн	5,9	20,2	10,2	3,8	4,0	3,7	47,8
	нарахування на фонд зарплати	млн грн	1,3	4,4	2,3	0,8	0,9	0,8	10,5
	амортизація	млн грн	6,6	18,4	7,2	3,8	4,0	4,0	44,0
	оренда землі	млн грн	3,6	14,4	7,2	3,6	3,6	3,6	32,4
3	Прибуток	млн грн	58,8	393,6	132,0	84,0	113,4	50,4	832,2
4	Рівень рентабельності	%	46,7	83,7	30,9	167,5	115,4	56,3	66,0
5	Основні фонди	млн грн	8,0	30,0	28,0	10,4	8,0	9,2	93,6
6	Капітал*	млн грн	237,9	927,4	670,6	169,2	214,7	207,5	2307,4
7	Вартість землі	млн грн	120	480	240	120	120	120	1080
8	Норма прибутку*	%	24,7	42,4	19,7	49,6	52,8	24,3	36,1
9	Валова додаткова вартість	млн грн	64,7	413,8	142,2	87,8	117,4	54,1	880,0
10	Валова додаткова вартість на 1 грн*	грн	0,51	0,88	0,33	1,75	1,19	0,60	0,70
11	Строк окупності	років	1,95	1,14	3,00	0,57	0,84	1,66	1,43

Джерело: Власні розрахунки.

5.3. Економічна ефективність виробництва основних видів рослинницької продукції в розрахунку на 1 га

Дані, наведені в таблиці 5.6, свідчать про високі можливості ведення галузі рослинництва у складі ОТГ, інвестиції в яку (залежно від культури) окупаються за 0,6–3,0 роки, а в середньому – за 1,4 року. Лише капітальні вкладення в буряківництво окупаються за 3,0 роки, у виробництво сої – за 0,6 року, озимої пшениці – практично за один рік. Найвищий рівень прибутковості показує соя – 167,5 %, озима пшениця – 83,7 %, кукурудза і ячмінь – 115,4 і 56,3 % відповідно.

Щодо складу і схеми роботи біоенергетичного кластеру на базі цукрового заводу, то її можна прослідкувати на схемі, запропонованій спеціалістами НАЦУ «Укрцукор» (рис. 5.1). Зокрема, у складі комплексу, крім цукрового заводу, мають бути: зерновий елеватор, біоетанольний завод, біогазова установка, комбикормовий завод, тваринницький комплекс, зокрема забійня; можливо окремий фотобіореактор, який на базі стічної води, CO₂, сонячної енергії і поживного середовища для водної культури водоростей продукуватиме CH₄. Комплекс може виробляти, крім цукру, меляси, жому і дріжджів, кукурудзяний

крохмаль, кукурудзу на олію, сухі кормові добавки, крохмаль АБ, пшеничне борошно, товарну пшеничну клітковину, пшеничні відходи, комбикорм, м'ясо, молоко, продукти із сої, біодобрива, екстрагенні комерційні реактиви, білкові добавки для тварин і людини.

Таблиця 5.6

**Економічна ефективність виробництва основних видів
рослинницької продукції в розрахунку на 1 га**

Показники	Сільськогосподарські культури				
	Цукрові буряки	Соя	Озима пшениця	Ячмінь	Кукурудза на силос
Собівартість, тис. грн	53,4	12,5	29,4	22,4	24,6
зокрема оплата праці – всього	1,28	0,96	1,26	0,92	1,00
нарахування на фонд зарплати	0,28	0,21	0,28	0,20	0,22
амортизація	0,90	0,96	1,15	1,00	1,00
оренда землі	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Прибуток, тис. грн	16,50	20,99	24,60	12,60	28,35
Рівень рентабельності, %	30,90	167,54	83,67	56,25	115,38
Основні фонди, тис. грн	3,50	2,60	1,88	2,30	2,00
Капітал, тис. грн	83,82	42,31	57,97	51,88	53,67
Вартість землі, тис. грн	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Норма прибутку, %	19,69	49,62	42,44	24,29	52,82
Валова додаткова вартість, тис. грн	17,78	21,95	25,86	13,52	29,35
Валова додаткова вартість на 1 грн витрат, грн	0,33	1,75	0,88	0,60	1,19
Строк окупності капітальних вкладень, роки	3,00	0,57	1,14	1,66	0,84

Джерело: Власні розрахунки.

Уся енергетика комплексу базуватиметься на власному виробництві і використанні твердих біопалив, біоетанолу і біогазу. Можлива також схема виробництва твердих видів палива із відходів рослинницької продукції та спеціально вирощеної на маргінальних землях сировини біоенергетичних культур – верби, міскантусу, проса прутоподібного, сорго та ін. за наявності відповідних земель поза сівозмінами.

Проект концепції не містить детального бізнес-плану організації і функціонування конкретного спеціалізованого підприємства біоенергетичного комплексу. Це окрема об'ємна робота для проєктувальників, керівних органів і спеціалістів об'єднаних територіальних громад. Завдання полягає у приверненні уваги громадськості, урядових кіл і спеціалістів до цієї важливої і складної проблеми. Для переконливості наводимо попередній розрахунок можливої окупності капітальних вкладень у біоенергетичний комплекс на базі цукрового заводу з потужністю переробки сировини 5000 т сировини на добу і розміром оптимальної сировинної зони 40 тис. га з 10-пільними сівозмінами, характерними для Центрального Лісостепу України (табл. 5.7).

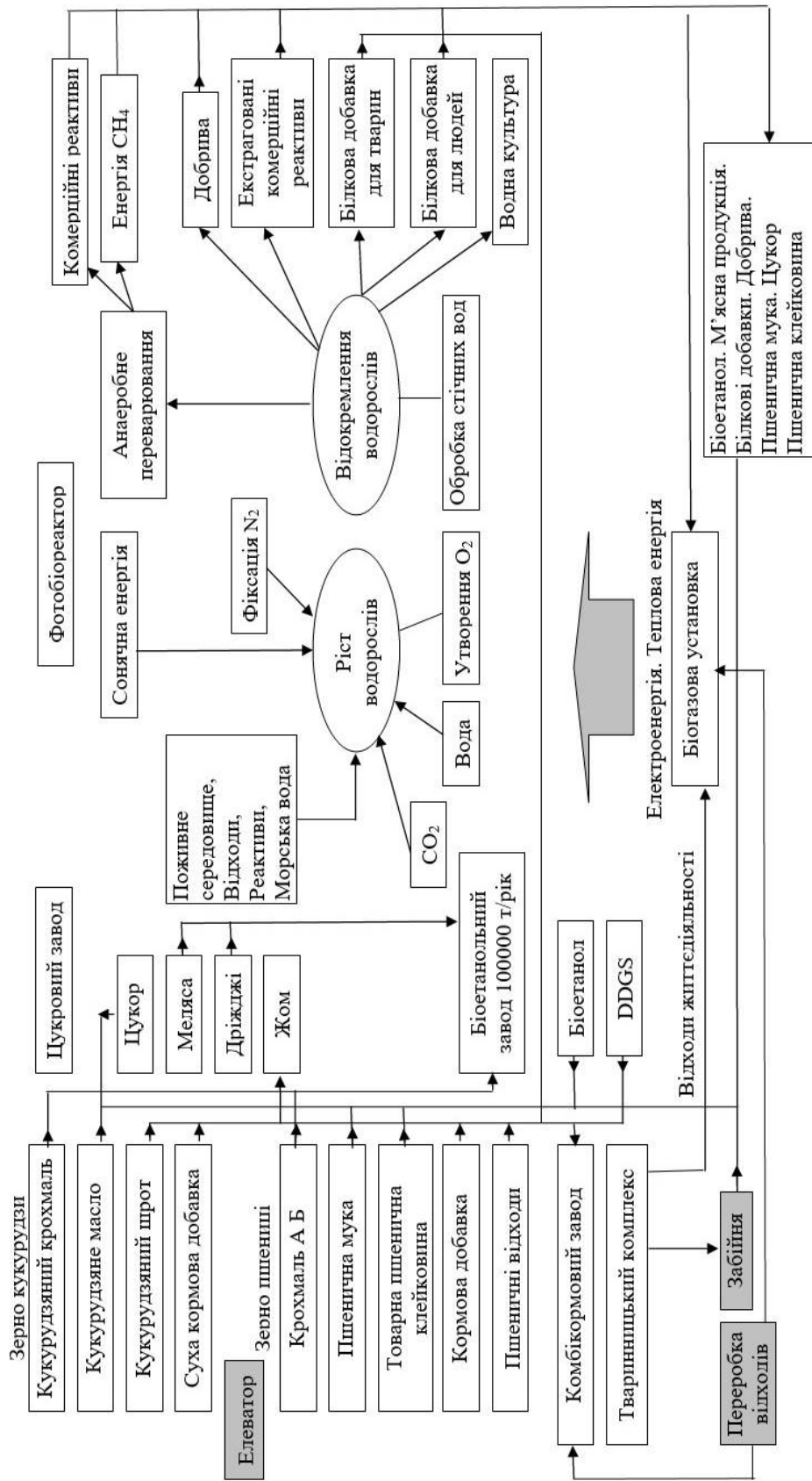


Рис. 5.1. Схема роботи біоенергетичного кластеру на базі цукрового заводу

5.4. Окупність інвестицій у біоенергетичному комплексі

За відповідних капіталовкладеннях, особливо в реконструкцію цукрового заводу, будівництво біогазової установки та біоетанольного заводу, вони можуть дати в умовах ОТГ такий економічний ефект (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Окупність інвестицій в біоенергетичний комплекс на базі цукрового заводу потужністю 5000 т переробки сировини на добу і розміром сировинної зони 40 тис. га з 10-пільними сівозмінами

Показник	Біогаз	Біоетанол	Цукор	Рослинництво	Разом	
					млн грн	млн дол. США
Обсяг виробництва, тис. т, тис. м ³	10 680,0	52,4	67,2	–	–	–
Виручка, млн грн	160,2	1048	1444,8	2093,8	4746,8	129,8
Собівартість виробництва, млн грн	128,2	786	1251,2	1261,6	3427	93,7
у т.ч. оплата праці з нарахуваннями	5	7,3	56,3	58,4	127	3,5
амортизація	2,3	21	43,8	44	111,1	3,0
Прибуток, млн грн	32	262	193,6	832,2	1319,8	36,1
Рівень рентабельності, %	25,0	33,3	15,5	66,0	38,5	–
Основні фонди, млн грн	73,3	293,4	2434	93,6	2894,3	79,1
Капітал*, млн грн	194,2	1051,1	3585,7	2307,4	7138,4	195,2
Вартість землі, млн грн	0,01	0,01	0,6	1080	1080,6	29,5
Норма прибутку, %	16,5	24,9	5,4	36,1	18,5	–
Валова додаткова вартість, тис. грн	37	269,3	249,9	890,6	1446,8	39,6
Валова додаткова вартість на 1 грн, грн	0,29	0,34	0,20	0,71	0,42	–
Термін окупності, років	3,46	2,92	5,01	1,42	2,37	–

Джерело: Власні розрахунки (1 дол. США = 36,57 грн).

Як свідчать показники, наведені в таблиці 5.7, загальні витрати на функціонування такого об'єкту становитимуть 4746,8 млн грн, або 129,8 млн дол. США. Найефективнішим за належного рівня ведення виробництва виявляється аграрний сектор, насамперед рослинництво, вкладення в яке можуть окупитись за 1,4 року; виробництво біоетанолу окупиться за майже три роки, біогазу – за 3,5 роки і вкладення в безпосередньо цукровий завод, за умови його реконструкції (а не будівництва нового), окупляться за п'ять років.

Високу економічну ефективність може дати виробництво біоенергетичних культур, за нормативними витратами згідно з технологічними картами можна отримати такий урожай сухої біомаси: енергетичної верби – 32,4 т/га, міскантусу – 25,0 т/га, проса прутноподібного – 20,0 т/га (табл. 5.8).

Зокрема, 1 га енергетичної верби на п'ятий рік вирощування і через кожних три наступних роки приносить 46 980 грн валових надходжень, 23 663 грн прибутку, за рівня рентабельності 101,5 %. Міскантус на 4-й рік вегетації і кожен наступний – 35 000 грн, 22 203 грн прибутку за рівня рентабельності 173,5 %. Однак, особливістю обох цих культур є збитковість у перші три роки вегетації, пов'язана зі значними витратами на закладання плантацій. За вирощування енергетичної верби збитковість виробництва становить 100 % витрат на підготовку,

закладання та догляд за плантаціями. Менша збитковість за закладання плантацій міскантусу, що пов'язано з вегетативним його розмноженням шляхом висаджування ризом. Зокрема, загальні витрати в перші три роки вегетації міскантусу становлять 56,2 тис. грн, при 50,3 тис. грн/га валових надходжень й збитку – 5,9 тис. грн/га, за рівня рентабельності –10,5 %. Проте в наступні роки експлуатації плантації повністю себе виправдовують і покривають усі попередні витрати, здійснені у процесі закладання. Собівартість 1 т врожаю енергетичної верби значно зменшується і становить 719,7 грн/т, а міскантусу – 511,9 грн/т, що пов'язано з мінімальними витратами на догляд, підживлення мінеральними добривами та збирання врожаю біомаси. Щодо проса прутоподібного, то ця культура є також високоєфективною з показниками дещо нижчими, ніж у енергетичної верби та міскантусу. Вона є незамінною у посушливих південних регіонах України, де енергетичну вербу й міскантус культивувати значно важче.

Таблиця 5.8

Економічна ефективність вирощування високопродуктивних біоенергетичних культур, грн

Статті витрат	Енергетична верба		Міскантус		Просо прутоподібне
	перших два роки і за потреби 3-й рік вегетації (підготовка, закладання та догляд за плантаціями)	4-й і 5-й рік та через кожні три роки (збирання врожаю та догляд за плантаціями)	за три роки вегетації	4-й та наступні роки вегетації	кожен рік з другого року вегетації
Оплата праці з нарахуваннями	5295,35	3145,20	4714,38	1529,44	4670,15
Пально-мастильні матеріали	3227,55	4316,13	6859,09	2681,27	3627,05
Амортизаційні відрахування	883,06	1485,47	2730,72	1356,00	1039,32
Поточний ремонт	529,84	891,28	1638,43	813,60	623,62
Насіння, пагони, живці, ризоми	14 960,00	–	8985,68	–	1250,00
Мінеральні добрива	46 095,36	5805,88	19 124,87	4976,47	2488,24
Засоби захисту рослин	4434,00	924,80	5130,00	–	3120,00
Інші витрати	2639,88	579,91	1721,41	397,49	588,64
Плата за оренду землі	1649,98	4949,94	2474,97	824,99	824,99
Всього виробничих витрат	79 715,02	22 098,61	53 379,56	12 579,26	18 232,01
Витрати на транспортування	–	1218	2770	218	930,0
Повна собівартість	–	23 317	56150	12797	19162
Ринкова ціна 1 т сировини	–	1450	1400	1400	1300
Валові надходження	–	46 980	50 260	35 000	28 000
Прибуток	–	23 663	–5890	22 203	8838
Рівень рентабельності, %	збиток	101,5	–10,5	173,5	46,1
Урожайність, т/га	–	32,4	35,9	25,0	20,0
Собівартість 1 т	–	719,7	1564,1	511,9	958,1
Прибуток в розрахунку на 1 т	–	730,3	–164,1	888,1	441,9

Джерело: Власні розрахунки.

У зв'язку з тим, що енергетичні витрати в динаміці значно не зростають, а енергетична вартість урожаю біомаси росте, відповідно зростає й коефіцієнт

енергетичної ефективності. Тому для диверсифікації виробництва сировини з метою виготовлення паливної тріски, брикетів та гранул, для раціонального використання енергетичних плантацій необхідно враховувати переваги й недоліки кожної культури та плантацій загалом.

За вирощування багаторічних енергетичних культур найбільшу продуктивність забезпечує енергетична верба – 32,4 т/га сухої речовини, або 605,2 ГДж/га; наступним є міскантус – 25,0 т/га сухої речовини та 467,5 ГДж/га і просо прутоподібне – 20,0 т/га сухої речовини та 374,0 ГДж/га (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Енергетична продуктивність багаторічних біоенергетичних культур з третього року вегетації

Енергетичні культури	Урожай сирової біомаси, т/га	Суша речовина, %	Урожай сухої біомаси, т/га	Вихід твердого палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
Енергетична верба	64,1	50,5	32,4	35,6	605,2
Міскантус	58,7	42,6	25,0	27,5	467,5
Просо прутоподібне	25,5	78,5	20,0	22,0	374,0

Джерело: Власні розрахунки за даними ДСС ІБКіЦБ НААН.

Для переробки біосировини зазначених біоенергетичних культур, а також відходів польових рослин соломи, зернових, ріпаку і сої – кошиків, стебел і лушпиння соняшника, стебел і качанів кукурудзи, деревних відходів та ін. на тверді види палива, в кожному крупному біоенергетичному комплексі необхідно побудувати підприємство з їх перероблення на пелети, щепу та інші види.

Економічна ефективність капіталовкладень у таке виробництво показана в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10

Економічна ефективність капіталовкладень у виробництво твердого біопалива на заводі потужністю 33 тис. т пелет у рік

Показник	На 1 т пелет	33 000 т
Реалізаційна ціна, тис. грн	3,663	120 879
Собівартість виробництва, тис. грн	2,189	72237
в т.ч. оплата праці з нарахуваннями, грн	22,18	731940
амортизація	72,65	2 397 450
оренда землі (15 років)	207	6 831 000
Прибуток, грн	1,474	48 642
Рівень рентабельності, %	67,3	67,3
Основні фонди	0,58	19140
Капітал, тис. грн	7,625	251 625
Вартість землі	1,675	55275
Норма прибутку, %	19,3	19,3
Валова додаткова вартість, тис. грн	1,50	49 374
Валова додаткова вартість на 1 грн	0,68	0,68
Термін окупності капітальних вкладень, років	5,1	5,1

Капітал*) = Основні фонди + вартість землі + затрати (без амортизації, орендної плати і відрахувань на соціальні заходи). Джерело: Власні розрахунки.

В умовах об'єднаних територіальних громад будівництво такого заводу і створення сировинної бази для нього може вирішуватись значно швидше, ніж за нинішніх умов в силу використання певних обсягів власних коштів, які накопичуються в громадах, залучення інвестицій та організаційних можливостей.

Важливим є в період війни розвиток біоенергетичних об'єктів середньої і малої потужності в сільських і селищних ОТГ, які мали б об'єднуватись за прикладом європейських країн у відповідні біоенергетичні кооперативи; виробляти енергію для власного споживання та постачати її у загальну мережу, закладати з допомогою держави багаторічні плантації біоенергетичних культур.

Отже, у складі об'єднаних територіальних громад, середній розмір яких в Україні становить 40 тис. га, є можливість і потреба створити крупні, а також середні й дрібні біоенергетичні комплекси, які стануть основою глобальної і сталої національної технологічної біоенергетичної платформи держави.

Біоенергетичний кластер при цьому може мати такі параметри:

- Потужність цукрового заводу – 5 тис. т переробки сировини на добу;
- Строк переробки коренеплодів – 95 діб;
- Необхідна кількість цукросировини – 480 тис. т;
- Урожайність коренеплодів – 60 т/га;
- Необхідна площа цукрових буряків – 8 тис. га;
- 10-пільна сівозміна з таким чергуванням культур: конюшина – озима пшениця – цукрові буряки – соя – озима пшениця – кукурудза на силос – озима пшениця – цукрові буряки – озима пшениця – ячмінь із підсівом трав;
- Загальна площа орних земель – 40 тис. га;
- Вартість основних переробних підприємств кластеру:
 - цукровий завод – близько 50 млн дол. США (реконструкція);
 - установка з виготовлення біоетанолу – 8,7 млн дол. США;
 - біогазова установка – 14,9 млн дол. США;
 - завод з виготовлення твердих видів палива – 0,8 млн дол. США.
- Згідно з розрахунками комплекс може виробляти 67,2 тис. т цукру, 52,4 тис. т біоетанолу, 10,7 млн м³ біогазу, 480 тис. т цукрових буряків; 96 тис. т зерна озимої пшениці, 10 тис. т насіння сої, 20 тис. т зерна ячменю, 108 тис. т кукурудзи на силос або інших культур – сорго; плюс 33 тис. т твердого палива.
- Окупність капітальних витрат на функціонування комплексу розраховувалася на основі методичних рекомендацій ННЦ «Інститут аграрної економіки НААН». При цьому до основних фондів сільськогосподарських підприємств віднесено також вартість землі – 50 000 грн/га (1370 дол. США).
- Розраховано такі строки окупності:
 - цукрового заводу – 5 років;
 - установки для виготовлення біоетанолу – майже 3 роки;
 - біогазові установки – 3,5 років (без урахування «зеленого тарифу»);
 - с.-г. виробництва – 1,4 роки.
- Загальна собівартість продукції комплексу – 3427 млн грн, або 93,7 млн дол. США; виручка – відповідно 4746,8 млн грн, або 129,8 млн дол.; при-

буток – 1319,8 млн грн, або 36,1 млн дол.; рівень рентабельності – 38,5 %; надходження в сільському господарстві – 2093,8 млн грн, або 57,3 млн дол.; у розрахунку на 1 га – 52,3 тис. грн, або 1,4 тис. дол. США.

• Ураховуючи ту обставину, що 40 % інвестицій має бути здійснене за рахунок власних джерел, розмір іноземних інвестицій на один комплекс може становити 34,6 млн дол. США, а на 23-х за діючих заводів – 796 млн дол. США.

Наявні ризики

Успішному розвитку біоенергетики в Україні, особливо в частині організації крупних мегакластерів в умовах ОТГ, можуть завадити такі ризики:

1. Незавершеність децентралізації державного управління, неузгодженість розмірів і функцій окремих територіальних громад і новостворюваних адміністративних районів, кордони яких не завжди співпадають з кордонами ОТГ і своєю чергою породжують невизначеність базового рівня місцевого самоврядування і пов'язані з цим організаційні, юридичні, земельні, соціальні проблеми і неузгодженості.

2. Незавершеність земельної реформи, яка повинна стати основною просторовою і виробничою базою та організаційною основою формування відповідних біоенергетичних структур і їх економічного розвитку.

3. Відсутність єдиної державної політики і організаційно-правових структур відповідальних за розвиток біоенергетики загалом, а також за їх розвиток на регіональному рівні.

4. Надзвичайно низька фінансова підтримка наукового забезпечення та інноваційної діяльності в галузі розвитку біоенергетики, найперше в сфері селекції, насінництва і розсадництва біоенергетичних культур, обліку маргінальних земель для закладання на них біоенергетичних плантацій; а також на створення технічних засобів для вирощування біосировини і її перероблення на біопаливо та ін.

5. В умовах світової економічної кризи і загалом спаду виробництва в середині країни без залучення інвестицій і фінансових вкладень у галузь біоенергетики її розвиток у близькій перспективі буде сповільненим і може не досягти прогнозованого рівня.

6. Найкритичнішим фактором для успішного розвитку біоенергетики на основі функціонування біоенергетичних кластерів є військові дії на території України, розлад фінансування виробництва та інші господарські та економічні негаразди у веденні виробництва і функціонування цивілізованого ринку і т. п. Тому в період воєнних дій потрібно надати перевагу малим формам розвитку біоенергетики (мінікластерам) на рівні сіл, селищ, невеликих міст, а масштабний розвиток мега кластерів здійснювати в повоєнний період.

Модель біоенергетичного кластеру на базі цукрового заводу потужністю п'ять тисяч тонн перероблення коренеплодів на добу в складі об'єднаних територіальних громад (рис. 5.2).

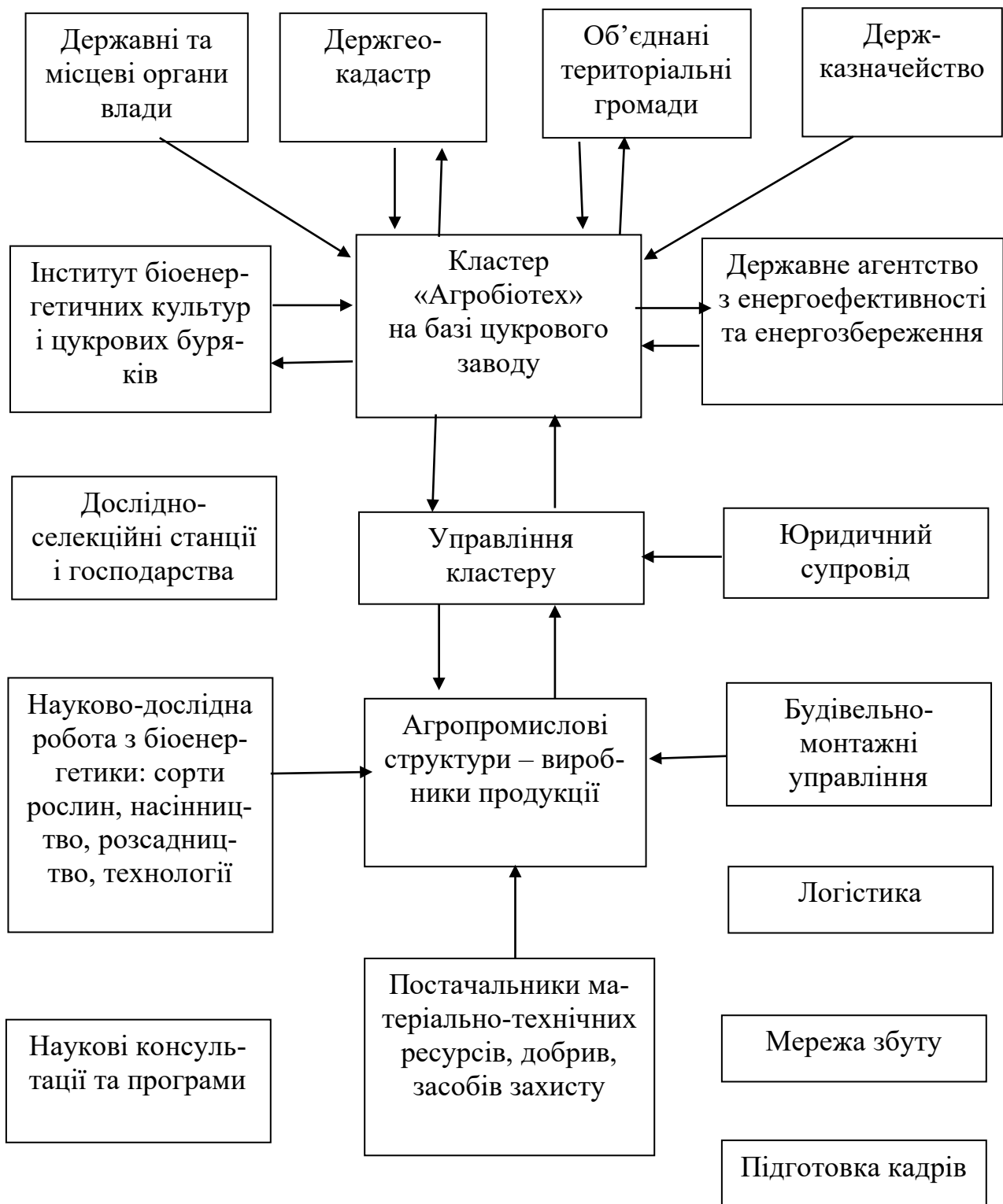


Рис. 5.2. Модель біоенергетичного кластеру на базі цукрового заводу, потужністю 5 тисяч тонн переробки коренеплодів на добу в складі ОТГ

РОЗДІЛ 6. ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2035 РОКУ

У результаті наукових досліджень встановлено, що за своїми природними можливостями Україна здатна виробити 49 млн т умовного палива (ум. п.) за рік. Економічно обґрунтований рівень оцінюється експертами у 20–25 млн т ум. п. Однак, багато дослідників і наукових закладів дають надто песимістичний прогноз розвитку біоенергетики на період до 2035 року – на рівні 2,2 млн т у нафтовому еквіваленті (н. е.) і приблизно 4 млн т н. е. – до 2050-го. За даними української асоціації відновлюваної енергетики, частка ВДЕ у загальному обсязі виробництва електроенергії за період з 2012 до 2017 р. зростає всього з 0,43 до 1,47 % і становила 1374,712 ГВт проти 93 517,823 ГВт, при цьому частка біомаси дорівнювала 80 %. Це означає, що біоенергетика є поки що провідною ланкою в ланцюгу ВДЕ порівняно з вітровою, сонячною та гідроенергією і її потрібно активно розвивати.

В Україні вже працює кількості підприємств із виготовлення пелет та брикетів, тисячі малих, середніх і великих котлів на деревних відходах, дровах, трісці, гранулах, понад 200 котлів і генераторів на тюкованій соломі, лушпинні соняшнику, стеблах кукурудзи та іншій агросировині. Для біогазу використовуються силос кукурудзи, жом цукрових буряків, гній тваринництва, послід птахівництва та ін. Висаджуються плантації енергетичної верби (близько 5 тис. га), міскантусу (орієнтовно 2 тис. га) та інших культур. На ряді цукрових заводів виробляється біоетанол з меляси і біогаз із жому, а також органічні розчинники, кормові добавки, органічні добрива з барди, мікробіологічні препарати та інша продукція.

У зв'язку з важким економічним становищем України, зумовленим як внутрішніми, так і зовнішніми проблемами, здійснити надто швидкі темпи розвитку біоенергетики важко, однак реальний прогноз, наведений в таблиці 6.1, є цілком можливим.

Таблиця 6.1

Реальний прогноз розвитку біоенергетики в Україні на період до 2035 року

Види палива	2016 рік		2025 рік		2030 рік		2035 рік	
	млн т н. е.	%	млн т н. е.	%	млн т н. е.	%	млн т н. е.	%
Тверді	2,07	73,2	3,5	56,5	4,5	52,9	6,5	55,1
Рідкі	0,27	9,5	0,7	11,3	1,0	11,8	1,7	14,4
Біогаз	0,49	17,3	2,0	32,2	3,0	35,3	3,6	30,5
Усього	2,83	100	6,2	100	8,5	100	11,8	100

Джерело: Власні розрахунки.

При визначенні обсягів виробництва на перспективу загалом і в розрізі окремих видів палива, враховували не тільки тенденції розвитку біотехнологій, що склалися в попередні роки, а й реальні позитивні зміни у 2012–2018 рр., та

стратегічні виклики й проблеми, які стоять перед біоенергетичною галуззю на наступні 17 років. З цього погляду найбільш істотними концептуальними положеннями у розвитку біоенергетики мають стати такі:

1. Доведення у період до 2035 р. загальних обсягів виробництва біопалива в Україні до 11,8 млн т н. е., що становитиме близько 14 % від загального виробництва первинної енергії. З них 6,5 млн т н. е., або 55,1 %, має бути твердого біопалива, 1,7 млн т н. е., або 14,4 % – рідкого, 3,6 млн т н. е., або 30,5 % – біогазу.

2. Закладення в період до 2035 року фундаменту матеріально-технічної бази вітчизняної біоенергетики, а саме:

- доведення кількості підприємств із виготовлення твердих видів палива з малою потужністю за рік до 723 і середньою потужністю – до 177 одиниць;
- використання для виготовлення рідких видів палива наявних в Україні спиртових і пивоварних заводів, а також цукрових заводів із відповідним обладнанням для вироблення біоетанолу, кормових добавок та ін.;
- доведення кількості біогазових установок (БГУ) в Україні до 525 у 2025 р., до 665 – у 2030-му, до 705 – у 2035 році загальною тепловою потужністю, відповідно, 207, 357 і 479 МВт;
- здійснення у галузі муніципальної біоенергетики реконструкції 4500 наявних індивідуальних котлів вітчизняного виробництва, 1000 середніх вітчизняних котлів із механічною подачею гранул, будівництво 1500 нових індивідуальних котелень з імпортними котлами, 100 великих котелень із спеціалізованими котлами, паливними складами та системами газоочищення.

3. Створення до 2035 року міцної сировинної бази біоенергетики – закладення близько 550 тис. га плантацій біоенергетичних культур на незадіяних для сільськогосподарського виробництва землях; використання відходів сільськогосподарських культур із площі близько 10 млн га.

4. Дотримання директиви ЄС щодо сприяння виробництву енергії з відновлюваних джерел з метою зниження використання в Україні обсягів викопних енергоресурсів на 30 %, що дасть змогу державі позбутися залежності від імпортованих енергоносіїв; розроблення й контролювання державної та регіональних програм розвитку біоенергетики й місцевих видів палива; спрощення процедури отримання «зеленого тарифу» та удосконалення механізмів тарифоутворення з метою стимулювання місцевих альтернативних видів палива; розробка і впровадження системи субсидування внутрішніх цін на газ для населення та муніципальне господарство у низових ланках його використання.

5. Підтримка наукового забезпечення та інноваційної діяльності в галузі розвитку біоенергетики, найперше у сфері селекції, насінництва й розсадництва біоенергетичних культур і підвищення їх урожайності; закладання великих біоенергетичних плантацій; удосконалення технологій вирощування і переробки біомаси на біопаливо та ін.

6.1. Забезпечення сировинної бази для розвитку біоенергетики

6.1.1. Створення сировинної бази для виробництва твердих видів палива

Основними видами сировини для виготовлення твердих видів палива у вигляді пелет, брикетів, паливної тріски та ін. є солома зернових культур, відходи виробництва кукурудзи на зерно [стебла, стрижні (качан без зерна), відходи виробництва соняшника (лушпиння), деревна біомаса (дрова, відходи лісозаготівлі, деревина від рубок, рубка лісосмуг, сухостій)], а також сировина зі спеціально закладених плантацій біоенергетичних культур – енергетичної верби, тополі, міскантусу, проса прутоподібного та інших.

На основі прогнозованих обсягів виготовлення твердого палива на 2025, 2030 і 2035 роки та середнього показника врожаю сухої маси кожної із зазначених вище культур обраховані необхідні обсяги валового збору біомаси та площі їх посівів чи насаджень (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Обсяги виробництва біосировини для твердих видів палива на період до 2020, 2025 і 2030 рр.

Роки	Необхідний обсяг палива, млн т н. п.	Необхідний валовий збір, млн т сухої маси	Урожай сухої маси *, т/га	Необхідна площа посівів / насаджень, тис. га
2025	3,5	6,4	0,6–25	3372
2030	4,5	8,4	0,6–25	4519
2035	6,5	11,9	0,6–25	10643

* виведення середнього показника врожаю неоднорідних видів рослин і відходів неможливе.

На основі середніх показників собівартості одержання однієї тонни деяких видів сировини і їх валових зборів визначали сумарні матеріально-грошові витрати на сировинну базу (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Матеріально-грошові витрати на вирощування біоенергетичних культур для перероблення на тверді види палива

Роки	Валовий збір сировини, млн т	Витрати на 1 т, грн	Усього витрат, млн грн
2025	6,4	180–1000	5193
2030	8,4	190–1100	6927
2035	11,9	195–1200	10141

6.1.2. Сировинна база для рідких видів палива

Основними видами рідкого палива для України є біодизель та біоетанол. Сировиною для одержання біоетанолу є цукрові буряки, цукрове сорго, цукор-рій, картопля, топінамбур. Найдоцільніше для виробництва біоетанолу в умовах

України використати мелясу після переробки цукрових буряків на цукор, цукрові сиропи певної концентрації, кукурудзу на зерно та сорго.

Сировиною для біодизелю певний час був ріпак, в Україні діяло понад 40 підприємств з виготовлення біодизелю. Однак серйозною перешкодою на шляху виробництва цього біопалива з ріпакової сировини є вимоги сталості, згідно з якими біопаливо має скорочувати викиди парникових газів на рівні 35 % порівняно зі звичайним паливом, у 2017 році цей показник зріс до 50 %, у 2018-му – до 60 %. Стандартні ж значення скорочення викидів для ріпаку дорівнюють 38 %, тобто з погляду сталості ця культура не має перспектив і буде виключена з програм підтримки в ЄС. Тому значні перспективи виробництва цього виду біопалива в Україні сумнівні.

Недоцільно також переробляти на рідкі види палива такі продовольчі культури, як кукурудза на зерно, ячмінь, пшеницю та інші. Тому перспектива має будуватись на використанні в якості сировини відходів цукрового виробництва, зокрема меляси, цукрового сорго, кормових буряків, топінамбуру, картоплі, цикорію. Можливі обсяги виробництва біоетанолу наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Обсяги виробництва сировини для виготовлення біоетанолу*

Роки	Вихід біоетанолу, млн т ум. п.	Обсяг сировини, млн т	Середній урожай сировини, т/га	Необхідна площа посівів, тис. га	Загальні витрати, млн грн
2025	0,7	2,991	86,0	387	890
2030	1,0	4,836	90,0	436	1343
2035	1,7	6,883	94,5	477	1531

* побічний продукт перероблення цукрових буряків на цукор, окремих площ не потребує.

6.1.3. Виробництво сировини для біогазу

Проблема виробництва біогазу в Україні найактуальніша з погляду заміни природного імпортного газу, але найменш опрацьована, хоч можливості такого виробництва надто широкі. Основними видами сировини для одержання біогазу є: кукурудза на силос, цукрове сорго, цукрові буряки й буряковий жом, силос, виноградна барда, свинячий гній і гній ВРХ, пташиний послід та інші органічні відходи. Перевагою виробництва біогазу із зазначених видів сировини є можливість безпосереднього його використання для виробництва електроенергії на наявних установках, що працюють на покупному газі.

У розрахунки обсягів виробництва біосировини для одержання біогазу взято такі її види, як сорго, кукурудза (силос), жом кислий, або пресований, органічно-побутові відходи, гній тварин та пташиний послід (табл. 6.5).

Наведені в таблиці 6.5 прогнознні показники свідчать про те, що Україна може й повинна створити власну біогазову галузь і довести виробництво біогазу до 2025 р. – до 1709 млн м³, до 2030-го – до 2564 і у 2035 р. – до 3077 млн м³.

Таблиця 6.5

**Прогнозні обсяги виробництва сировини
для одержання біогазу**

Роки	Можливий обсяг виробництва біогазу, млн м ³	Види сировини і їх обсяги	Загальні витрати, млн грн	Витрати на 1000 м ³ , грн
2025	1709	Кукурудза, сорго (силос) – 100 тис. га; жом кислий – 4,2 млн т; гній, послід, орг. рештки – 6,6 млн т	3095	1811
2030	2564	Кукурудза, сорго (силос) – 200 тис. га; жом кислий – 6,4 млн т; гній, послід, орг. рештки – 7,2 млн т	3919	1529
2035	3077	Кукурудза, сорго (силос) – 250 тис. га; жом кислий – 8,4 млн т; гній, послід, орг. рештки – 7,4 млн т	4703	1538

6.2. Створення матеріально-технічної бази біоенергетики

6.2.1. Вирішення проблеми переробки біосировини на тверді види палива

Наявні в Україні підприємства, що працюють на виробництві твердих видів палива, кардинально не вирішують проблеми індустріалізації цієї галузі, за виключенням ряду підприємств, що належать великим агрокомпаніям. Дрібні ж і середні виробники знаходяться в постійному оновленні та кругообігу (закрилися / відкрилися). Тому пропонується будівництво капітальних споруд – заводів західного типу з малою і середньою потужністю (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

**Необхідна кількість переробних підприємств
для виготовлення твердих видів біопалива**

Типи переробних заводів	2025 р.		2030 р.		2035 р.	
	Обсяг твердого палива, млн т	Необхідна кількість заводів, шт.	Обсяг твердого палива, млн т	Необхідна кількість заводів, шт.	Обсяг твердого палива, млн т	Необхідна кількість заводів, шт.
Заводи малої потужності	2,16	273	3,56	+177	5,72	+273
Заводи середньої потужності	2,16	65	3,56	+47	5,72	+65
Вартість будівництва, млн грн	1652	–	2926	–	4226	–
Вартість переробки, млн грн	3048	–	4146	–	5999	–

Будувати заводи середньої потужності вигідніше, їх потрібно у кілька разів менше, ніж малої, а вартість будівництва при цьому скорочується.

Натомість в Україні вже побудовано декілька сотень різних заводів із виготовлення пелет, значно зростає попит на котли зі спалювання твердих видів палива.

6.2.2. Матеріально-технічна база для одержання рідких видів палива

Щодо біоетанолу, то матеріально-технічна база для його виробництва в Україні практично є. Це – 58 спиртових, 50 пивоварних і 43 цукрових заводів, частина з яких має обладнання для одержання біоетанолу з меляси. Однак, багато з них потребують додаткового перекоструювання. Зокрема, на цукрових заводах потрібно облаштувати ректифікаційні колонки з молекулярними ситами; реконструювати цілий ряд спиртових заводів. За потреби можна використати частину законсервованих цукрозаводів. Що стосується витрат на переробку біосировини в біоетанол (табл. 6.7).

Таблиця 6.7

Витрати на переробку біосировини в біоетанол

Види сировини	2025 рік			2030 рік			2035 рік		
	Обсяг біоетанолу, млн т	Собівартість 1 т, грн	Витрати, млн грн	Обсяг біоетанолу, млн т	Собівартість 1 т, грн	Витрати, млн грн	Обсяг біоетанолу, млн т	Собівартість 1 т, грн	Витрати, млн грн
Меляса	0,165	900	149	0,196	1092	225	0,210	1100	231
Сорго цукрове	0,30	166	50	0,20	176	34	0,10	185	19
Кукурудза на зерно	0,56	5100	285	0,60	5150	309	1,39	5250	716
Усього	1,029	–	485	1,0	–	568	1,7	–	966

Слід зазначити, що значних перспектив щодо нарощування темпів виробництва рідких видів палива в Україні немає.

6.2.3. Розвиток матеріально-технічної бази біогазової сфери

В Україні до 2035 року реально повинно функціонувати понад 705 біогазових установок, а фактично наразі є близько 50-ти.

Однак, темпи нарощування будівництва та використання біогазових станцій і установок потребують глибокого творчого (прагматичного) підходу.

Високопродуктивні автоматизовані станції іноземного виробництва потужністю 60 т органічних відходів на добу коштують близько 900 тис. євро, когенераційні теплоелектростанції потужністю 330 кВт – 450 тис. євро, цілісний біоенергетичний комплекс із переробки органічних відходів – 1,33 млн євро. Такі капіталовкладення під силу лише крупним компаніям, щодо середніх виробництв, то вони в період становлення газової біоенергетики мають використовувати біогазові установки значно меншої потужності й вартості – у межах 500–600 тис. грн, а фермери та дрібні господарі – біогазові установки з об'ємом ферментера 6–100 м³, вартістю 30–270 тис. грн.

Розрахунок основних показників розвитку біогазової сфери наведено в таблиці 6.8.

Створення такої потужної галузі можливе лише за умови крупних іноземних інвестицій і здійснення радикальних реформ в Україні, головними з яких є земельна і судова.

Основні показники розвитку біогазової сфери в Україні до 2035 року

Показники	Одиниця виміру	2025 р.	2030 р.	2035 р.
Обсяг виробництва біогазу	млн м ³	1709,4	2584	3077
Необхідна кількість БГУ	одиниць	525	625 (+140 нових)	705 (+ 40 нових)
Загальна теплова потужність БГУ	МВт тепла	357	425	479
Загальна електропотужність	МВт тепла	270	323	365
Річне виробництво електроенергії	НЕТТО – млн кВт-год	1643	1963	2214
Створення нових робочих місць	одиниць	33495	+15425	+13977
Скорочення викидів CO ₂	тис. т у рік	4411	5250	5922
Обсяг інвестицій	млн грн	+648	5068	6082
Вартість переробляння сировини на біогаз	млн грн	1237	1567	1880

6.3. Муніципальна біоенергетика

Практика використання індивідуальних котлів і опалювальних котелень, що працюють на твердих видах палива, свідчать про те, що для вирішення проблеми біоенергетики в муніципальному секторі необхідні інвестиції на період до 2035 року в сумі 12 млрд гривень (табл. 6.9).

Завдання полягає в тому, щоб усі комунальні котельні сіл і селищ, районних центрів і навіть окремих великих міст у найближчі п'ять років повністю перевести на біологічні види палива, замінивши ними природний газ, мазут, кам'яне вугілля та інші викопні види палива і їх похідні. Таке опалення має бути в окремих будинках, особливо в яслах, дитячих і шкільних установах, на переробних підприємствах.

В Україні основою тепlopостачання в комунальній сфері поки що є 24 тисячі невеликих і середніх котелень, 16 тисяч з яких, за даними Мінрегіонбуду, працюють на природному газі. Саме вони витрачають на нагрів води 8 млрд м³ природного газу.

Між тим, реконструкція наявних котлів і котелень та переведення їх на біологічні види палива може дати значну економію коштів.

У зв'язку з децентралізацією державного управління, організацією в областях України міських, селищних і сільських об'єднаних територіальних громад (ОТГ) з'явилися нові сприятливі організаційні й фінансові умови для створення в регіонах крупних біоенергетичних комплексів на базі цукрових заводів та інших підприємств; а також біоенергетичних кооперативів у низових ланках господарювання на базі фермерських та інших форм господарювання із замкнутим циклом вирощування, переробки біосировини на біопаливо та його реалізації, для здійснення чого необхідна окрема державна науково-технічна програма й відповідні пілотні проекти.

6.4. Нормативно-правове та фінансове забезпечення

Україна має імпантувати Директиви ЄС щодо сприяння виробництву енергії з відновлюваних джерел і передбачити зниження до 2035 року використання викопних енергетичних ресурсів на 30 %, що дасть змогу державі позбутися залежності від імпортованих енергоносіїв.

Таблиця 6.9

Грошові витрати на реконструкцію матеріально-технічної бази муніципальної біоенергетики

Види котлів і котельні	Кількість, шт.	Потужність, кВт	Витрати на один об'єкт, тис. грн	Загальні витрати, млн грн	2025 р.		2030 р.		2035 р.	
					кількість	витрати, млн грн	кількість	витрати, млн грн	кількість	витрати, млн грн
Реконструкція наявних дрібних індивідуальних котлів вітчизняного виробництва	4500	500	794	3573	1000	1635	500	2776	2000	3668
Реконструкція середніх індивідуальних реконструйованих вітчизняних котлів з механічним поданням гранул	1000	1000	2828	2828	300	1746	350	2127	350	2288
Нові індивідуальні котельні імпортованими котлами	1500	1000	2490	3735	500	2564	500	2677	500	2876
Крупні котельні із спеціалізованими котлами, паливним складом і системою газоочищення	100	6000	17722	1772	30	1096	30	1144	40	1638
Усього	7100	–	–	11908	1830	7041	2380	8725	2890	10470

Для цього необхідно:

- розробити і здійснити державну й регіональні програми розвитку біоенергетики та місцевих видів палива;
- застосувати сприятливі фінансові механізми у вигляді субсидій та пільг для виробників і покупців біоенергетичного обладнання;
- урахувати можливості галузі біоенергетики у процесі доопрацювання й здійсненні Енергетичної стратегії України до 2035 року; її конкретизація з урахуванням економічних можливостей держави;
- створити організаційно-економічні умови для успішного розвитку ринку біомаси, біопалива та розбудови інфраструктури для їх зберігання й реалізації;
- створити сприятливі умови для залучення в розвиток біоенергетики вітчизняних та закордонних інвесторів;
- спростити процедури отримання «Зеленого тарифу» та удосконалення механізмів тарифоутворення, які б стимулювали виробників тепла у використанні місцевих альтернативних видів палива;

– розробити й впровадити системи субсидування внутрішніх цін на газ для населення та муніципального господарства, що виготовляють біопаливо та тепло і електричну енергію з біомаси, без яких таке виробництво буде неконкурентоспроможним саме в низових ланках його використання.

Політику фінансової підтримки виробництва біоенергетики в Україні має здійснювати Державне агентство енергоефективності та енергозбереження шляхом інвестування галузі коштом державного бюджету й залучення приватного капіталу, запровадження пільгових механізмів кредитування, стимулювання залучення коштів із вітчизняних і закордонних фондів ринків та акціонування, податкового стимулювання, розвитку страхування продукції біоенергетики. Основні джерела фінансування наведено в таблиці 6.10.

Таблиця 6.10

**Джерела фінансування в розвиток біоенергетики України
на період до 2035 року, млн грн**

№ з/п	Показники	2025 р.	2030 р.	2035 р.
1	Загальний обсяг фінансування	36 257	43 938	60 003
2	Обсяг інвестицій – власні й залучені кошти	33 175	40 203	54 903
	зокрема: залучені засоби	32 075	36 474	49 803
3	Коштом державного бюджету	3082	3735	5100
	зокрема:			
	– відшкодування за кредитами	414	489	664
	– часткова компенсація складної техніки	677	821	1121
	– субсидії на підтримку елітного насінництва	37	45	61
	– субсидування відсоткової ставки на будівництво і реконструкцію	112	136	135
	– відшкодування вартості техніки за лізингом	1781	2158	1417
– науково-дослідні та конструкторські роботи	73	88	121	

Основними заходами із мобілізації фінансових вкладень мають стати:

- залучення ресурсів на міжнародних фондових ринках ІРО (публічне розміщення акцій на спеціалізованих фондових майданчиках);
- акціонування та інвестування, яке передбачає стимулювання вкладення коштів у статутні капітали біоенергетичних компаній, розвиток інвестиційних проєктів.

Загальний прогноз витрат на розвиток біоенергетики в Україні на період до 2035 року наведено в таблиці 6.11.

Як свідчать показники, наведені в таблиці 6.11, найбільші фінансові вкладення в біоенергетичну галузь України доцільно здійснити в розвиток виробництва твердих біопалив та біогазу. Водночас виробництво рідких біопалив значної перспективи не має.

Прогноз витрат на розвиток біоенергетики України на період до 2035 р.

Показники	2025 р.	2030 р.	2035 р.
<i>Тверді види палива</i>			
Витрати на вирощування сировини, млн грн	6341	8528	12320
Вартість переробки, млн грн	3048	4146	5999
Вартість будівництва підприємств для твердого палива, млн грн	1652	2926	4226
Загальні витрати на тверді види палива, млн грн	11 041	15 600	23 145
<i>Рідкі види палива</i>			
Витрати на виробництво біосировини, млн грн	1132	1975	3357
Вартість переробки, млн грн	484	568	966
Загальні витрати на рідкі палива, млн грн	1616	2543	4323
<i>Біогаз</i>			
Вартість біосировини, млн грн	3095	3919	4703
Загальна вартість вирощування біосировини, млн грн	10 568	14 422	20 780
Доход виробників біосировини (30 %) від витрат, млн грн	3170	4327	6234
Вартість будівництва БГУ, млн грн	7648	5068	6082
Вартість переробки сировини на біогаз, млн грн	1237	1567	1880
Загальні витрати на біогаз, млн грн	11 980	10 554	12 665
Витрати на реконстр. і буд-во комун. котлів і котельнь, млн грн	7041	8725	10 470
Витрати на спалювання тв. палива в котлах і котельнях, млн грн	1409	2189	3162
Усього витрат, млн грн / дол. США	36 257	43 938	60 003
	1379	1671	2281

6.5. Очікувані результати

За умови досягнення прогнозних показників, передбачених у цій концепції, Україна зможе одержати в період до 2035 року такі обсяги біопалива (табл. 6.12).

Для розрахунків строків окупності взято ціну одного бареля нафти на рівні 46 дол. США, ціна 1 т – 289,34 дол. та 56,53 дол. за барель, або 352,1 дол./т.

При переведенні умовного палива в теплову енергію (за показником 1 кг у. п. = 42 МгДж) одержимо:

- у 2025 р. – 2604 ГДж енергії;
- у 2030 р. – 3570 ГДж енергії;
- у 2035 р. – 4956 ГДж енергії.

За умови введення в дію зазначеної вище кількості об'єктів біоенергетики може бути створена така кількість нових робочих місць: у 2025 р. – 88,6 тис., у 2030-му – 41,9 тис., у 2035 р. – 50,4 тис.

Прогнозується значне зменшення викидів забруднювальних речовин у повітря, як-от сполуки сірки, азот, вуглець, отруйні аерозолі, ртутні сполуки, радіоактивний пил, сполуки фтору й хлору.

Лише скорочення викидів CO₂ з газових установок становитиме:

- у 2025 р. – 4410 тис. т/рік;
- у 2030 р. – 5586 тис. т/рік;
- у 2035 р. – 6703 тис. т/рік.

Прогнозні обсяги біопалива в період до 2035 року

№ з/п	Показники	Одиниці виміру	2025 р.	2030 р.	2035 р.
1	Виробництво твердого біопалива	млн т	6,405	8,235	11,89
	В умовних одиницях	т н. е.	3,5	4,5	6,5
2	Виробництво біоетанолу	млн т	1,029	1,170	2,50
	В умовних одиницях	т н. е.	0,7	1,0	1,7
3	Виробництво біогазу	млн м ³	1709,4	2584	3077
	В умовних одиницях	т н. е.	2,0	3,0	3,6
	<i>Усього тонн умовного палива</i>	т н. е.	6,2	8,5	11,8
4	Вартість 1 т у. п.*	грн	5337	4660	4557
5	Загальна вартість біопалива	млн грн	36 257	43 938	60 003
	у доларах США	млн дол.	1379	1671	2281
6	Можлива виручка	млн дол.	1794	2459	3411
7	Прибуток	млн дол.	415	786	1130
8	Чистий прибуток	млн дол.	340	645	927
9	Рівень рентабельності	%	30,0	38,6	49,5
10	Строк окупності:				
	за ціни нафти 289,34 дол./т	років	5,3	3,8	2,5
	за ціни нафти 352,1 дол./т	років	3,0	2,6	2,5

Спалювання пелетів у процесі виробництва електроенергії зменшить викиди парникових газів у 12 разів порівняно із спалюванням кам'яного вугілля; а застосування рідкого біопалива у двигунах внутрішнього згорання як добавки до бензину істотно зменшить викиди в довкілля шкідливого свинцю, вуглеводів і метанолу; вміст сірки в біодизелі удесятеро менший, ніж у дизельному пальному.

Отже, успішний розвиток біоенергетики в Україні принесе не лише значну економічну вигоду від економії коштів на викопні види палива, а й забезпечить значне оздоровлення довкілля як основного складника екологічної безпеки країни.

Список використаних джерел

1. Adedoyin F. F., Alola A. A., Bekun F. V. An assessment of environmental sustainability corridor: The role of economic expansion and research and development in EU countries. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 713. Article 136726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136726>
2. Adoption of the Paris Agreement. Approved 12.12.2015. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
3. Ahmad T., Zhang D. D. A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far. *Energy Reports*. 2020. Vol. 6. P. 1973–1991. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.07.020>
4. Ahmad M., Ahmed Z., Majeed A., Huang B. An environmental impact assessment of economic complexity and energy consumption: Does institutional quality make a difference? *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. Vol. 89. Article 106603. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106603>
5. Bauer N., Rose S. K., Fujimori S. et al. Global energy sector emission reductions and bioenergy use: overview of the bioenergy demand phase of the EMF-33 model comparison. *Climatic Change*. 2020. Vol. 163, Iss. 3. P. 1553–1568. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2226-y>
6. Bertoldi P., Kona A., Rivas S., Dallemard J. F. Towards a global comprehensive and transparent framework for cities and local governments enabling an effective contribution to the Paris climate agreement. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2018. Vol. 30. P. 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.03.009>
7. Bremond U., Bertrandias A., Steyer J. P. et al. vision of European biogas sector development towards 2030: Trends and challenges. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 287. Article 125065. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125065>
8. Brodny J., Tutak M. The analysis of similarities between the European Union countries in terms of the level and structure of the emissions of selected gases and air pollutants into the atmosphere. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 279. Article 123641. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123641>
9. Chiamonti D., Talluri G., Scarlat N., Prussi M. The challenge of forecasting the role of bio-fuel in EU transport decarbonisation at 2050: A meta-analysis review of published scenarios. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 139. Article 110715. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110715>
10. CO₂ emissions. *Our World in Data*. 2025. URL: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
11. Ding Q., Khattak S. I., Ahmad M. Towards sustainable production and consumption: Assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions (CO₂) in G-7 nations. *Sustainable Production and Consumption*. 2021. Vol. 27. P. 254–268. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.004>
12. Energy mix: what sources do we get our energy from? *Statistical Review of World Energy*. 2025. URL: <https://ourworldindata.org/energy-mix>
13. EU Green Deal (carbon border adjustment mechanism). Proposal for a Directive. URL: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12228-Carbon-Border-Adjustment-Mechanism>
14. Goglio P., Williams A. G., Balta-Ozkan N. et al. Advances and challenges of life cycle assessment (LCA) of greenhouse gas removal technologies to fight climate changes. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 244. Article 118896. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118896>
15. Gossling S., Scott D. The decarbonisation impasse: global tourism leaders' views on climate change mitigation. *Journal of Sustainable Tourism*. 2018. Vol. 26, Iss. 12. P. 2071–2086. <https://doi.org/10.1080/09669582.2018.1529770>
16. Haas T., Sander H. Decarbonizing Transport in the European Union: Emission Performance Standards and the Perspectives for a European Green Deal. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 20. Article 8381. <https://doi.org/10.3390/su12208381>

17. Han X., Wei C. Household energy consumption: state of the art, research gaps, and future prospects. *Environment Development and Sustainability*. 2021. Vol. 23, Iss. 8. P. 12479–12504. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01179-x>
18. Kardung M., Cingiz K., Costenoble O. et al. Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Iss. 1. Article 413. <https://doi.org/10.3390/su13010413>
19. Khan Z., Ali S., Umar M. et al. Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: The role of Environmental innovation and Renewable energy. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 730. Article 138945. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138945>
20. Kober T., Schiffer H. W., Densing M., Panos E. Global energy perspectives to 2060 – WEC's World Energy Scenarios 2019. *Energy Strategy Reviews*. 2020. Vol. 31. Article 100523. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100523>
21. Leaders Summit Showcases Clean Energy Commitments to Tackle Global Climate Crisis. *SDG Knowledge Hub*. International Institute for Sustainable Development. URL: <https://sdg.iisd.org/news/leaders-summit-showcases-clean-energy-commitments-to-tackle-global-climate-crisis>
22. Mundaca L., Urge-Vorsatz D., Wilson C. Demand-side approaches for limiting global warming to 1.5 °C. *Energy Efficiency*. 2019. Vol. 12, Iss. 2. P. 343–362. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9722-9>
23. Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Third session, Glasgow, 31 Oct. – 12 Nov. 2021. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_08_adv_1.pdf
24. Neves A., Godina R., Azevedo S. G., Matias J. C. O. A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 247. Article 119113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>
25. New momentum reduces emissions gap, but huge gap remains – analysis. Press release. 2021. URL: <https://climateactiontracker.org/press/new-momentum-reduces-emissions-gap-but-huge-gap-remains-analysis>
26. Newburger E. Here's what countries pledged on climate change at Biden's global summit. *CNBC*. URL: <https://www.cnbc.com/2021/04/22/biden-climate-summit-2021-what-brazil-japan-canada-others-pledged.html>
27. Ossewaarde M., Ossewaarde-Lowtoo R. The EU's Green Deal: A Third Alternative to Green Growth and Degrowth? *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 23. Article 9825. <https://doi.org/10.3390/su12239825>
28. Pittau F., Lumia G., Heeren N. et al. Retrofit as a carbon sink: The carbon storage potentials of the EU housing stock. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 214. P. 365–376. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.304>
29. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality... COM(2020) 80. Brussels, 4.3.2020. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-proposal-regulation-european-climate-law-march-2020_en.pdf
30. Ritchie H., Roser M. Emissions by sector. *Our World in Data*. 2021. URL: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>
31. Ronzon T., Piotrowski S., Tamosiunas S. et al. Developments of Economic Growth and Employment in Bioeconomy Sectors across the EU. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 11. Article 4507. <https://doi.org/10.3390/su12114507>
32. Scown M. W., Brady M. V., Nicholas K. A. Billions in Misspent EU Agricultural Subsidies Could Support the Sustainable Development Goals. *One Earth*. 2020. Vol. 3, Iss. 2. P. 237–250. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.011>
33. Share of energy from renewable sources. *Eurostat*. URL: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ren&lang=en

34. Smol M., Marcinek P., Duda J., Szoldrowska D. Importance of Sustainable Mineral Resource Management in Implementing the Circular Economy (CE) Model and the European Green Deal Strategy. *Resources-Basel*. 2020. Vol. 9. Article 55. <https://doi.org/10.3390/resources9050055>
35. Solarin S. A. An environmental impact assessment of fossil fuel subsidies in emerging and developing economies. *Environmental Impact Assessment Review*. 2020. Vol. 85. Article 106443. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106443>
36. Teske S., Pregger T. Introduction. *Achieving the Paris Climate Agreement Goals*. P. 1–4. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05843-2_1
37. Tsakalidis A., Gkoumas K., Pekar F. Digital Transformation Supporting Transport Decarbonisation: Technological Developments in EU-Funded Research and Innovation. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 9. Article 3762. <https://doi.org/10.3390/su12093762>
38. Tsakalidis A., van Balen M., Gkoumas K., Pekar F. Catalyzing Sustainable Transport Innovation through Policy Support and Monitoring: The Case of TRIMIS and the European Green Deal. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, Iss. 8. Article 3171. <https://doi.org/10.3390/su12083171>
39. Yi H. T., Feiock R. C., Berry F. S. Overcoming collective action barriers to energy sustainability: A longitudinal study of climate protection accord adoption by local governments. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 79. P. 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.071>
40. Аналітичний огляд оновленого національного визначеного внеску України до Паризької угоди. 2021. 57 с. URL: <https://cutt.ly/qQiyIIA>
41. Головнєв С. Сировинна економіка. Що купувала і продавала Україна в 2021 році. *Бізнес-Цензор*. URL: <https://biz.censor.net/r3310713>
42. Державна служба статистики України. Енергетичний баланс України за 2020. Експрес-випуск від 30.11.2021.
43. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження КМУ від 18.08.2017 № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text>
44. Енергетична стратегія України на період до 2050 року Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р № 373-р.
45. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році Постанова КМУ № 975 від 16.06.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0975874-21#Text>
46. Національна економічна стратегія до 2030 року Постанова КМУ № 179 від 03 березня 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text>
47. Проєкт Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Енергетична безпека» 2022.
48. Проєкт Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Нова аграрна політика» 2022.
49. Ганженко О. М. Агроекологічні основи формування продуктивності цукроносних культур для біопалива. Вінниця, 2023. 320 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-997-5>
50. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / [М. В. Роїк та ін.]. Вінниця, 2023 346 с.
51. Роїк М. В., Ганженко О. М., Фучило Я. Д. Розвиток біоенергетики в Україні та її вплив на декарбонізацію вітчизняної економіки. *Вісник Малинського фахового коледжу*. 2022. Вип. 1. С. 175–186. <https://doi.org/10.62466/2786-9350-2022-1-8>
52. Роїк М. В., Фучило Я. Д., Ганженко О. М. Теоретичні та прикладні аспекти використання агролісомеліоративних насаджень України в енергетичних цілях. *Біоенергетика*. 2021. № 1. С. 5–8. <https://doi.org/10.47414/be.1.2021.243933>
53. Роїк М. В., Ганженко О. М. Біоенергетичні культури – за ними майбутнє *Агробізнес сьогодні*. 2021. № 5. С. 50.

54. Роїк М. В., Ганженко О. М., Гончарук Г. С. Вплив багаторічних біоенергетичних культур на відновлення родючості ґрунту. *Біоенергетика*. 2020. № 2. С. 4–6. <https://doi.org/10.47414/be.2.2020.224980>
55. Роїк М. В., Ганженко О. М. Агроекологічні аспекти сталого розвитку біоенергетики. *Біоенергетика*. 2020. № 1. С. 4–7. <https://doi.org/10.47414/be.1.2020.224906>
56. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимощук В. Л. Концепція виробництва і використання твердих видів біопалива в Україні. *Біоенергетика*. 2015. № 1 С. 5–8.
57. Роїк М. В., Ганженко О. М., Тимощук В. Л. Концепція виробництва біогазу з біоенергетичних рослин в Україні. *Біоенергетика*. 2014. № 2. С. 6–8.
58. Baumgarten W., Ivanina V., Hanzhenko O. Biomass production on marginal lands – catalogue of bioenergy crops. *Geophysical Research Abstracts*. 2017. Vol. 19. EGU2017-7904-1.
59. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG
60. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
61. Hanzhenko O., Roik M., Ivanina V. Catalogue for bioenergy crops and their suitability in the categories of MagLs (D2.2) SEEMLA project reports Institute for Bioenergy Crops & Sugar Beet of the National Academy of Agricultural Science. 2016. 91 p.
62. Galatsidas S., Gounaris N., Vlachaki D. et al. Revealing Bioenergy Potentials: Mapping Marginal Lands in Europe – The Seemla Approach. *Proceedings of the 26th European Biomass Conference and Exhibition*, 14–17 May 2018. P. 31–37. <https://doi.org/10.5071/26THEUBCE2018-1AO.4.1>
63. Директива 2009/28/EC. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>
64. Кандул С. Вимоги сталості до біопалива в ЄС: наслідки для виробників сировини в Україні. *Серія Консультативних робіт AgPP*. № 29. Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2010. 34 с. URL: http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/Agriculture_dialogue/2010/PP29.Final.UKR.pdf
65. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання) / за ред. Д. Шпаара. Київ, 2005. 340 с.
66. Renewable energy statistics. Eurostat Data extracted in December 2024. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics
67. Directive (EU) 2023/2413 (RED III) amending Directive (EU) 2018/2001 Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources and repealing. Council Directive (EU) 2015/652. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202302413
68. Проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо сприяння розвитку сфери вирощування енергетичних рослин». № 5227 від 12.03.2021. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=71384

Вихід біометану з різних субстратів, отриманих у переробній промисловості
(Джерело: Постанова про біомасу і FNR)

Субстрат	Вихід метану, м ³ /т свіжої маси
Черствий хліб	254
Яблучна макуха	58
Пекарські відходи	344
Багаса	43
Пивні дріжджі	42
Пивні дріжджі (віджаті)	94
Пивні дріжджі (сухі)	308
Пивна дробина (свіжа/віджата)	61
Біовідходи	74
Кров (рідка)	83
Свіжа пахта (не призначена чи непридатна до споживання)	32
Казеїн	392
Вміст жирів вловлювача	15
Флотаційні жири	43
Флотаційний шлам	81
Фритюрні жири	562
Овочі (вибракувані)	40
Овочеві відходи	26
Зернові (вибракувані)	254
Зернові відходи	272
Зернова барда за винятком номеру 15	22
Зернова барда з виробництва спирту	18
Зерновий пил	172
Гліцерин	421
Зелені відходи з приватних та державних садово-паркових господарств	43
Лікарські і ароматичні рослини (вибракувані)	58
Картопляний сік з виробництва крохмалю	11
Картопля (вибракувана)	92
Картопля (подрібнена із середнім вмістом крохмалю; не призначена чи непридатна до споживання)	66
Технічна вода з виробництва картопляного крохмалю	3
Картопляна мезга з виробництва крохмалю	61
Картопляні шкурки	66
Картопляна барда за винятком номеру 27	18
Картопляна барда з виробництва спирту	17
Висівки	270
Концентрована сироватка	44
Свіжа сироватка	18
Вміст шлунку (свині)	27
Знежирене молоко свіже (не призначене чи непридатне до споживання)	33
Знежирене молоко сухе	363
Меляса з виробництва цукру з буряка	166
Молоко (не призначене чи непридатне до споживання)	70
Лактоза	378
Лактозна патока	91
Лактозна патока з низьким вмістом білка	69
Сироватка за винятком номеру 40	18
Сироватка знецукрена суха	298
Фруктова барда і виноградні вичавки (свіжі / необроблені)	49
Вміст рубця	33
Сир (не призначений чи непридатний до споживання)	92
Ріпаковий шрот після екстрагування	274
Ріпакова макуха	317
Дрібні частини буряка (з цукрової переробки)	50
Кисломолочна сироватка концентрована	42
Кисломолочна сироватка свіжа	20
Зрізаний цвіт (вибракуваний)	55
Харчові залишки	57
Придорожня трава	43
Кров тварин	83
Бурякова макуха з цукрового виробництва	64
Бурякова січка	64

Агровиробничі групи ґрунтів, які належать до категорії малопродуктивних і деградованих земель

Категорії малопродуктивних і деградованих земель	Джерело	Агровиробнича група ґрунтів (усього 222)
1. Мілкопрофільні (до 35 см)	Матеріали ґрунтового обстеження (1960-ті рр.)	Рекультивовані, дерново-буроземні та дернові слаборозвинені, дернові щебенюваті на елювії щільних порід, дерново-підзолисті підстелені елювієм масивно-кристалічних порід (3, 83, 84, 105, 106, 188, 211–213)
2. Низькородючі	Кадастрова оцінка середній бал бонітету < 30	
3. Кам'янисті (щебенюваті, кам'янисті)	Матеріали ґрунтового обстеження (1960-ті рр.)	Коричневі щебенюваті (Крим), бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні щебенюваті, чорноземи та дернові щебенюваті на елювії щільних порід, дерново-підзолисті слаборозвинені щебенюваті (2, 95–106, 189–202, 203–207)
4. Піщаної текстури (піщані, глинисто-піщані)		Дерново-підзолисті та дернові слаборозвинені (1, 2, 4)
5. Глинистої текстури (середньо- і важкоглинисті)		Чорноземи південні, чорноземи звичайні солонцюваті, солонці степові (62є, 71є, 77–79є, 83–91є та ін.)
6. Засолені (солончакуваті, солончаки)		Солончаки, лучні, лучно-чорноземні і каштаново-лучні солончакуваті, сірі, ясно-сірі, дерново-підзолисті та дернові засолені (20, 34–36, 122, 123, 136, 137, 164, 168–170, 172)
7. Солонцюваті (солонцюваті, солонці)		Лучні, чорноземно-лучні, лучно-каштанові, каштанові, темно-каштанові, чорноземи на щільних глинах, чорноземи південні та звичайні солонцюваті, солонці степові (62, 70, 72, 73, 90, 91, 108, 109, 114–116, 125–132, 135, 137, 159–163, 173–174)
8. Кислі	Агрохімічне обстеження (картограми з pH < 5)	
9. Презволожені (глейові та поверхнево оглеєні)	Матеріали ґрунтового обстеження (1960-ті рр.)	Дерново-буроземні, лучно-буроземні, буроземно-підзолисті, бурі гірсько-лісові, подові ґрунти, лучно-чорноземні, чорноземи опідзолені, темно-сірі, сірі, ясно-сірі, дерново-підзолисті, підзолисто-дернові, дернові, лучно-болотні, мулуватоболотні, болотні (11, 12, 14–20, 24–26, 34–36, 46–48, 141, 142, 165–174, 177–181, 183, 186)
10. Еродовані (середньо- і сильнозмиті)		Буроземно-підзолисті, темно-каштанові, дернові, чорноземи південні, звичайні, типові, та опідзолені, темно-сірі, сірі, ясно-сірі, дерново-підзолисті (22, 23, 25, 26, 38, 39, 50, 51, 56, 57, 66, 67, 75, 76, 86, 87, 90, 91, 93, 97, 98, 103, 104, 111, 184)
11. Забруднені	Уміст нітратів у ґрунтових водах понад 10 мг/л	

Науково-аналітичне видання

РОЇК Микола Володимирович,
ГАНЖЕНКО Олександр Миколайович,
КРАВЧУК Володимир Іванович,
СІНЧЕНКО Віктор Миколайович,
ГУМЕНТИК Михайло Ярославович,
ФУЧИЛО Ярослав Дмитрович,
ІВАНІНА Вадим Віталійович,
ФУРСА Анатолій Васильович

КОНЦЕПЦІЯ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ

Електронне видання

Технічний редактор
О. Ю. Половинчук

Погоджено до опублікування 24.11.2025.
Формат: PDF. Гарнітура Times New Roman.

Видавець

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
03110, м. Київ, вул. Клінічна, 25
Тел.: (044) 275-50-00; e-mail: sugarbeet@ukr.net
<https://bio.gov.ua>

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5713 від 19.10.2017.



Bio
ETHANOL

