

**Дорожня карта розвитку біоенергетики в Україні
до 2050 року і План дій до 2025 року**

Зміст

| | |
|---|-----------|
| 1. Вступ..... | 3 |
| 2. Цілі у секторі енергетики..... | 5 |
| 2.1. Цілі до 2030 року, поставлені Векторами економічного розвитку..... | 5 |
| 2.2. Цілі до 2035 року, поставлені Енергетичною стратегією України..... | 5 |
| 2.3. Цілі до 2050 року, поставлені проєктом Концепції «зеленого» енергетичного переходу України..... | 6 |
| 3. Основні переваги біоенергетики..... | 8 |
| 4. Поточний стан розвитку біоенергетики в Україні..... | 9 |
| 5. Базові підходи та характеристики Дорожньої карти розвитку біоенергетики України до 2050 року..... | 11 |
| 5.1. Мета, часові межі та реперні точки Дорожньої карти..... | 11 |
| 5.2. Потенціал біомаси в Україні та його оцінка до 2050 року..... | 18 |
| 5.3. Критерії сталості для біомаси..... | 21 |
| 5.4. Запропоноване використання біоенергетичного потенціалу за видами біомаси та отриманого енергоносія до 2050..... | 23 |
| 5.5. Біопалива в секторах виробництва теплової енергії, електроенергії та на транспорті..... | 26 |
| 5.6. Біоенергетичні технології і обладнання, передбачені для впровадження до 2050 р..... | 27 |
| 5.7. Оцінка інвестицій, необхідних для реалізації Дорожньої карти розвитку біоенергетики до 2050 року..... | 29 |
| 5.8. Механізми підтримки..... | 30 |
| 5.9. Економічний вплив..... | 32 |
| 5.10. Резюме Дорожньої карти розвитку біоенергетики..... | 32 |
| 5.11. Виробництво біометану та воднева енергетика..... | 35 |
| 6. План дій до 2025 року по розвитку біоенергетики в Україні..... | 37 |
| <i>Перелік скорочень.....</i> | <i>47</i> |

1. Вступ.

Необхідність розробки довгострокової стратегії розвитку біоенергетики України і Дорожньої карти як її невід'ємної складової обумовлена кількома важливими факторами.

По-перше, Енергетична Стратегія України ставить амбітну мету досягти 11 млн т н.е. з біомаси, біопалива та відходів у загальному постачанні первинної енергії у 2035 році. Але на сьогодні немає документу (дорожньої карти або плану дій), який показував би, за рахунок яких видів біомаси/біопалив, з використанням яких технологій та видів обладнання (котли, ТЕЦ, ТЕС) і в яких секторах (виробництво теплової енергії, виробництво електроенергії, когенерація, сектор транспорту) буде найбільш ефективно досягнуто на практиці зазначені 11 млн т н.е. у загальному постачанні первинної енергії.

Іншим важливим фактором є міжнародні зобов'язання України по скороченню викидів парникових газів згідно Паризької кліматичної угоди 2015 року – виконання так званих «національно визначених внесків». Наразі це зобов'язання по зниженню складає 40% відносно рівня викидів парникових газів 1990 року до 2030 року, але протягом найближчих років може збільшитися до близько 70% відносно рівня викидів парникових газів 1990 року до 2050 року. Для виконання цієї нової цілі Україна має переходити на низьковуглецеву економіку, суттєво скорочувати споживання викопних палив, активно розвивати енергоефективність і впроваджувати відновлювані джерела енергії. За попередніми оцінками, частка ВДЕ в енергетичному секторі України у 2050 році може досягти 60%, з яких більше половини – внесок біоенергетики. Таким чином, біоенергетика відіграє значну роль у виконанні Україною міжнародних зобов'язань по скороченню викидів парникових газів, що також обумовлює необхідність розробки довгострокової стратегії її розвитку.

Наступним фактором, який обов'язково треба брати до уваги, є те, що вже зараз обладнання більшості потужностей вугільних ТЕС в Україні знаходиться на межі фізичного зносу, бо ці електростанції були введені в експлуатацію у 1960-х роках. Крім того, до 2050 року закіняться всі потенційні терміни продовження експлуатації АЕС країни. Стратегія розвитку біоенергетики на період до 2050 року покаже, яким чином біопалива, біоенергетичні установки і технології зроблять свій внесок у заміщення того обсягу потужностей на викопних паливах і потужностей АЕС, які будуть виведені з експлуатації до 2050 року.

Отже, Україні потрібна довгострокова стратегія розвитку біоенергетики для:

- Окреслення *перспектив* розвитку сектору біоенергетики до 2050 року.
- Надання Плану дій по досягненню *існуючих* цілей з розвитку сектору до 2035 року.
- Представлення ролі біоенергетики у виконанні міжнародних зобов'язань України по *скороченню викидів парникових газів*.
- Представлення внеску біоенергетичних установок і технологій у *заміщення* потужностей на викопних паливах і потужностей АЕС, які будуть виведені з експлуатації до 2050 року.

Дорожня карта, опису якої присвячено даний звіт, є важливою складовою і першим кроком на шляху розробки стратегії розвитку біоенергетики України. Матеріали Дорожньої

карти можуть бути використані при розробці нової Енергетичної стратегії України з розширенням охоплюваного періоду до 2050 року.

Для забезпечення можливості її практичної реалізації, Дорожня карта розвитку біоенергетики має супроводжуватися Планом дій із детальним переліком законодавчих актів, які необхідно розробити або які потребують внесення змін протягом найближчих п'яти років. Цей документ також представлено у звіті.

2. Цілі у секторі енергетики.

2.1. Цілі до 2030 року, поставлені Векторами економічного розвитку.

6 листопада 2020 року Уряд України презентував документ «Вектори економічного розвитку до 2030 року»¹. Цей документ разом із також представленим «Економічним аудитом країни» стануть основою для розробки «Національної економічної стратегії 2030»².

Вектори економічного розвитку до 2030 року, серед іншого, визначають візію, стратегічну мету, індикатори та пріоритетні кроки напрямку Енергетика. Особливо важливими для енергетичного сектору України і, зокрема, відновлюваної енергетики, видаються наступні заплановані в документі пункти:

- Зменшити вуглецевий слід паливно-енергетичного комплексу.
- Залучити 10 млрд дол. інвестиції у відновлювану енергетику.
- Скоротити частку вугільної генерації.
- **Забезпечити зростання частки біомаси у виробництві теплової енергії до 30%.**

За даними 2018 р., частка біомаси у виробництві теплової енергії становить близько 7%, а у 2020 р. цей показник може зрости до 10%. Заплановані Урядом 30% у 2030 р. вважаємо достатньо амбітною ціллю, що відповідає потроєнню прогнозного показника 2020 р. і добре узгоджується з планами розвитку сектору, зазначеними у Концепції реалізації державної політики у сфері тепlopостачання³ – 30% теплоти з альтернативних джерел енергії у 2025 р., 40% – у 2035 р.

- Сформувати частку генерації з відновлюваних джерел енергії в загальному виробництві електроенергії на рівні 25%.

За даними 2018 р., частка ВДЕ у виробництві електроенергії становить близько 9%, а у 2020 р. цей показник може зрости до 11%. Заплановані Урядом 25% у 2030 р. відповідають більш, ніж подвоєнню від очікуваного рівня 2020 р.

- Розглянути можливість виробництва водню із використанням надлишкової «зеленої» електроенергії в системі, з метою подальшого експорту водню до ЄС.
- Створити конкурентні ринки газу, електроенергії, теплової енергії, вугілля, нафти та нафтопродуктів; забезпечити конкурентоспроможні умови їх транспортування територією України.

2.2. Цілі до 2035 року, поставлені Енергетичною стратегією України.

Цілі щодо біоенергетики після 2020 року встановлені **Енергетичною стратегією України на період до 2035 року** (2017)⁴. Згідно цієї стратегії, внесок ВДЕ в загальне постачання первинної енергії повинен бути **25%** у 2035 році (еквівалентно 24 млн т н.е.). Внесок біомаси, біопалив та відходів – 11,5% (11 млн т н.е.) (**Таблиця 2.1**). Крім того, очікується, що частка ВДЕ у виробництві електроенергії зросте до **>25%**, частка ВДЕ у

¹ <https://assets.documentcloud.org/documents/20402477/doc-vector.pdf>

² <https://www.kmu.gov.ua/news/predstavleno-ekonomichnij-audit-krayini-ta-vektori-ekonomichnogo-rozvitku-do-2030-roku>

³ <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#Text>

⁴ Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Затверджено постановою КМУ № 605-р від 18.08.2017 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>

транспортному секторі зросте до **20%**, а частка альтернативних видів палива⁵ в місцевому паливно-енергетичному балансі складе **20%** до 2035 року.

Таблиця 2.1. Структура ЗППЕ України відповідно до Енергетичної стратегії до 2035 року⁴, млн т н.е.

| Джерело первинної енергії | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | факт | прогноз | прогноз | прогноз | прогноз |
| Вугілля | 27,3 | 18 | 14 | 13 | 12 |
| Природний газ | 26,1 | 24,3 | 27 | 28 | 29 |
| Нафтопродукти | 10,5 | 9,5 | 8 | 7,5 | 7 |
| Атомна енергія | 23,0 | 24 | 28 | 27 | 24 |
| Біомаса, біопалива та відходи | 2,1 | 4 | 6 | 8 | 11 |
| Енергія сонця та вітру | 0,1 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| ГЕС | 0,5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Теплова енергія доквілля та скидна теплова енергія | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Всього, млн т н.е. | 90,1 | 82,3 | 87 | 91 | 96 |
| Частка ВДЕ, % | 4% | 8% | 12% | 17% | 25% |
| включаючи біомасу, біопалива та відходи | 2,3% | 4,9% | 6,9% | 8,8% | 11,5% |

Слід зазначити, що Рада національної безпеки та оборони України вирішила забезпечити перегляд Енергетичної стратегії України до 2035 року «Безпека, ефективність, конкурентоспроможність»⁶. Для реалізації цього рішення Уряд України розробив проєкт Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року (Ukraine Green Deal)⁷.

2.3. Цілі до 2050 року, поставлені проєктом Концепції «зеленого» енергетичного переходу України.

У лютому 2020 року Міністерство енергетики та захисту довкілля України презентувало проєкт *Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року*⁸ Документ розроблений з урахуванням цілей та завдань *Європейської зеленої угоди (European Green Deal)*⁹, представленої Європейською Комісією у грудні 2019 року.

⁵ Альтернативні види палива включають біомасу, біогаз, рідкі біопалива та деякі інші види палива, які є альтернативою викопному паливу згідно із Законом України «Про альтернативні види палива» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>.

⁶ Постанова Ради національної безпеки та оборони України від 02.12.2019, набрала чинності наказом Президента України №874/2019 від 02.12.2019 <https://www.president.gov.ua/documents/8742019-30769>

⁷ Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року <https://menr.gov.ua/news/34424.html>

⁸ Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року, Міністерство енергетики та захисту довкілля, 2020. Презентація: <https://bit.ly/3edeS9u>; текст: <https://bit.ly/2tR0P7n>; <https://bit.ly/2wtr8BM>

⁹ European Green Deal https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Концепція спрямована на досягнення **кліматично-нейтральної економіки** країни до 2070 року. Деякі обрані основні напрямки декарбонізації економіки, включаючи енергетичний сектор як важливу складову, пов'язані з:

- розвитком використання ВДЕ у поєднанні із підвищенням енергоефективності;
- зменшенням до нульового споживання вуглецевих енергетичних ресурсів та максимальне використання ВДЕ з тим, щоб сільське господарство та лісовий сектор перейшли на повне самозабезпечення енергетичними ресурсами;
- збільшенням сталого виробництва **біомаси, біопалив** та інших ВДЕ для підтримки реалізації зеленого переходу в інших секторах економіки;
- повною заміною вугільних електростанцій до 2050 року внаслідок розвитку сонячної та вітрогенерації, електростанцій на **біомасі** у поєднанні з новими високоманевреними генеруючими потужностями на газі (у довгостроковій перспективі на синтетичному газі, що вироблятиметься з використанням ВДЕ);
- орієнтацією нових ТЕЦ для централізованого теплопостачання насамперед на використання **біомаси та біогазу**;
- активізацією широкомасштабного використання ВДЕ (**біопалив та відходів, відновлюваних теплової енергії та електроенергії**) у промислових процесах для заміщення вуглецевих ресурсів.

Окрім досягнення кліматично-нейтральної економіки до 2070 року, Концепція «зеленого» енергетичного переходу також включає такі сфери, як підвищення енергоефективності, розвиток електротранспорту, циркуляційну економіку (зменшення відходів), розумні мережі, управління енергоспоживанням, а також підтримка досліджень та інновацій (Рис. 2.1).



Рис. 2.1. Основні напрями «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року⁸.

3. Основні переваги біоенергетики.

Біомаса є перспективним джерелом енергії як у світі, так і в Україні. На даний час біомаса займає четверте місце у світі за обсягами її енергетичного використання. Протягом останніх років в Україні спостерігається поступове зростання кількості об'єктів і встановленої потужності для виробництва теплової та електричної енергії з біомаси. Стале використання біомаси дасть змогу зменшити енергетичну залежність України та забезпечити використання місцевого ресурсного потенціалу. Перехід на використання біомаси буде сприяти розвитку регіонів і місцевої економіки за рахунок надходження податків та зборів, а на державному рівні – покращення торговельно-платіжного балансу за рахунок зменшення обсягів імпорту енергоносіїв. Позитивний соціальний вплив очікується за рахунок створення нових робочих місць, зниження тарифів на теплову енергію та покращення надійності теплопостачання. Велика кількість успішних проєктів, що вже впроваджені, економічна доцільність, державна підтримка та сприяння розвитку біоенергетики стимулюють інвесторів та фінансові організації до реалізації нових біоенергетичних проєктів в Україні.

Однією з головних переваг енергетичного використання біомаси є її мультिवаріантність як за технологіями перетворення енергії, так і за способами її кінцевого використання. Біомасу можна використовувати в енергетичних цілях шляхом безпосереднього спалювання (деревна тріска, тюки соломи, гранули, брикети), а також у переробленому вигляді рідких (ефіри ріпакової олії, спирти, рідкі продукти піролізу) або газоподібних біопалив (біогаз із відходів сільського господарства та рослинництва, осадів стічних вод, органічної частини твердих побутових відходів, продукти газифікації твердих палив). Біомаса і біопалива можуть заміщувати викопні палива у виробництві теплової та електричної енергії, а також на транспорті. Роль біоенергетики є особливо значною у виробництві теплової енергії, оскільки біомаса може напряду заміщувати природний газ і вугілля, що є дуже важливим для України. Стосовно сектору електроенергетики треба зазначити, що на відміну від сонячної і вітрової енергії, виробництво електроенергії з біомаси/біогазу є стабільним. Більш того, електрогенеруючі потужності на біомасі/біогазі можуть брати участь у балансуванні ринку електроенергії України.

Завдяки CO₂-нейтральності біомаси, біоенергетика робить суттєвий внесок у скорочення емісії парникових газів, що є особливо актуальним в контексті глобального потепління і зміни клімату. Однак біомаса не є цілком вуглецево-нейтральною, оскільки повний цикл її виробництва та підготовки до використання може бути пов'язаний з витратами енергії та викидами парникових газів. Але важливо те, що питомі викиди парникових газів від спалювання біомаси значно нижчі порівняно з викидами від викопного палива (вугілля, нафти та природного газу). Особливо помітна різниця у викидах при виробництві теплової енергії та електроенергії. Отже, біоенергетика відіграє важливу роль у декарбонізації енергетичного сектору і скороченні емісії парникових газів.

4. Поточний стан розвитку біоенергетики в Україні.

Відновлювані джерела енергії відіграють все більшу роль в енергетичному секторі України. Згідно з енергетичним балансом за 2018 рік, кількість відновлюваної енергії в кінцевому енергоспоживанні становила **3582** тис. т н.е., що еквівалентно **7,0%** загального кінцевого енергоспоживання (Рис. 4.1). Біоенергетика зробила найбільший внесок – **77,3%**.

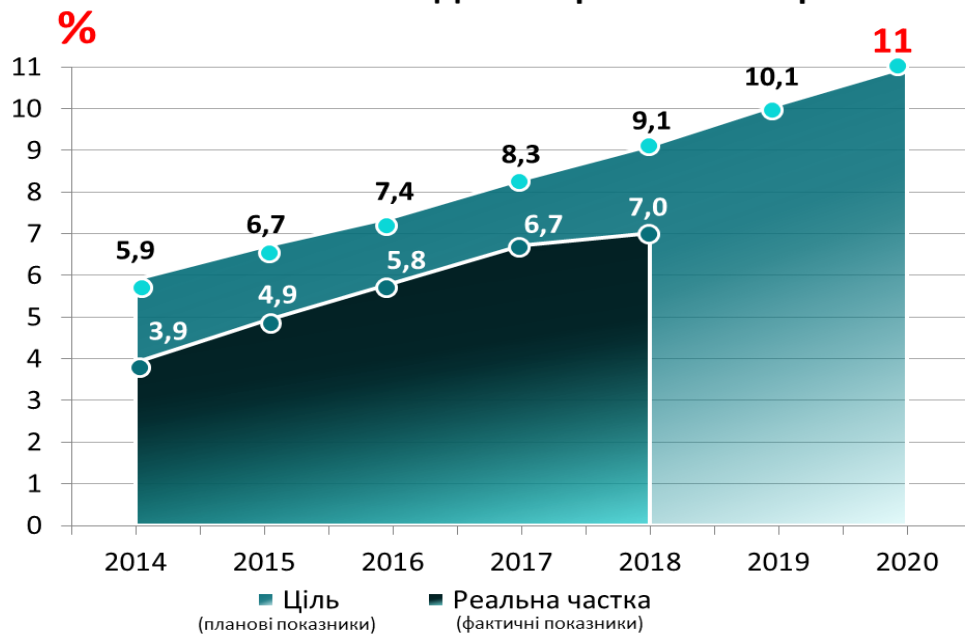


ДЕРЖЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

ЦІЛІ НПДВЕ



Загальна частка ВДЕ в енергобалансі України



- частка розрахована відповідно до вимог Директиви 2009/28/ЄС (з урахування: нормалізації ГЕС та ВЕС; енергії теплових насосів та мультиплікатора електроенергії споживаної транспортом)

Рис. 4.1. Частка ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні (дані Держенергоефективності).

В Україні існує стійка тенденція до збільшення виробництва енергії з альтернативних видів палива, зокрема, з біомаси. Згідно з енергетичним балансом України за 2018 рік, загальний обсяг постачання первинної енергії з біопалива та відходів склав **3195** тис. т н.е. (Рис. 4.2), що еквівалентно заміщенню **4 млрд м³/рік** природного газу. Частка біопалив у загальному постачанні первинної енергії становить **3,4%** (більше **70%** загального постачання відновлюваної енергії). Зростання сектору біоенергетики в 2010-2018 рр. становило в середньому **31%** на рік.



Рис. 4.2. Виробництво та споживання біопалива в Україні у 2010-2018 рр. згідно з Енергетичними балансами Державної служби статистики України.

Традиційно біоенергетика відіграє найважливішу роль у виробництві теплової енергії та робить найбільший внесок серед усіх відновлюваних джерел енергії – до 80-90%. У 2018 році частка ВДЕ у системах опалення становила 8%, у тому числі 7% від загального виробництва теплової енергії було отримано за рахунок біомаси.

В Україні виробництво електроенергії з біомаси розвинене менше у порівнянні з енергією сонця та вітру. Тим не менше, працює до 20 ТЕЦ та ТЕС на деревній трісці та лушпинні соняшнику; проекти близько 30 електростанцій знаходяться на різних стадіях розробки (від ідеї проекту до проектування). Окрім цього, існує низка біогазових когенераційних установок, що працюють на гноєві, силосі кукурудзи, жомі цукрових буряків, а також електростанцій, що працюють на біогазі з полігонів ТПВ.

Виробництво моторних біопалив є найменш розвиненим сектором біоенергетики України. На даний момент виробництво біостанолу розвинене слабо, а біодизель, очевидно, взагалі не виробляється. Відродження сектору можна очікувати після прийняття проекту Закону України про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у галузі транспорту¹⁰.

¹⁰ Законопроект №3356 від 17.04.2020 http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=68617

5. Базові підходи та характеристики Дорожньої карти розвитку біоенергетики України до 2050 року.

5.1. Мета, часові межі та реперні точки Дорожньої карти.

Метою Дорожньої карти є представлення реалістичного довгострокового сценарію розвитку біоенергетики, що відповідає переходу України на 100% ВДЕ у 2070 році. Запропонована Дорожня карта охоплює період з 2020 по 2050 роки і має кілька реперних точок. Одна з них – 2030 рік, оскільки новий НПДВЕ розробляється до 2030 року, в якому повинно споживатися не менше 8 млн т н.е. біомаси, біопалива та відходів (згідно діючої Енергостратегії). Друга реперна точка враховує ціль з розвитку біоенергетики, поставлену Енергетичною стратегією України на 2035 рік – 11 млн т н.е. біомаси, біопалив та відходів у загальному постачанні первинної енергії.

Дорожня карта відповідає сценарію досягнення більше 60% ВДЕ в енергобалансі України у 2050 р. (Рис. 5.1), у тому числі по окремих секторах:

- електроенергія – 70% ВДЕ (Рис. 5.2);
- теплова енергія – 65% ВДЕ (Рис. 5.3);
- транспорт – 35% ВДЕ (Рис. 5.4).

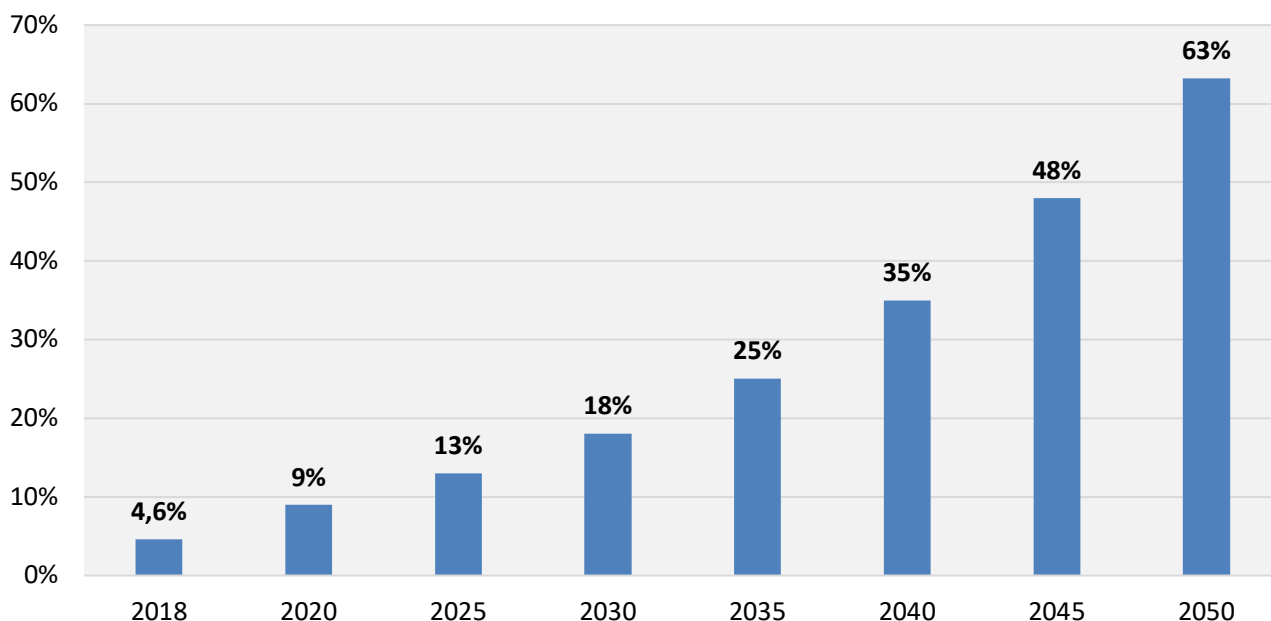


Рис. 5.1. Прогноз частки ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії в Україні до 2050 року¹¹.

¹¹ Показник 2018 р. (4,6% ВДЕ у ЗППЕ) – дані Енергетичного балансу України за 2018 рік (Державна служба статистики України). Показник 2035 р. (25% ВДЕ у ЗППЕ) – дані Енергетичної стратегії України на період до 2035 року.

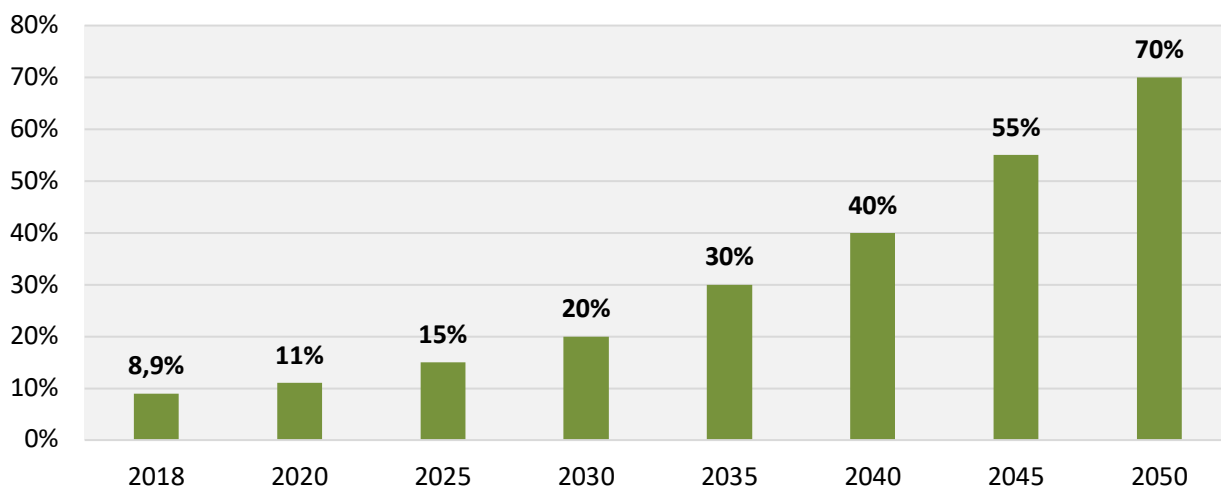


Рис. 5.2. Прогноз частки ВДЕ у виробництві електричної енергії до 2050 року¹².

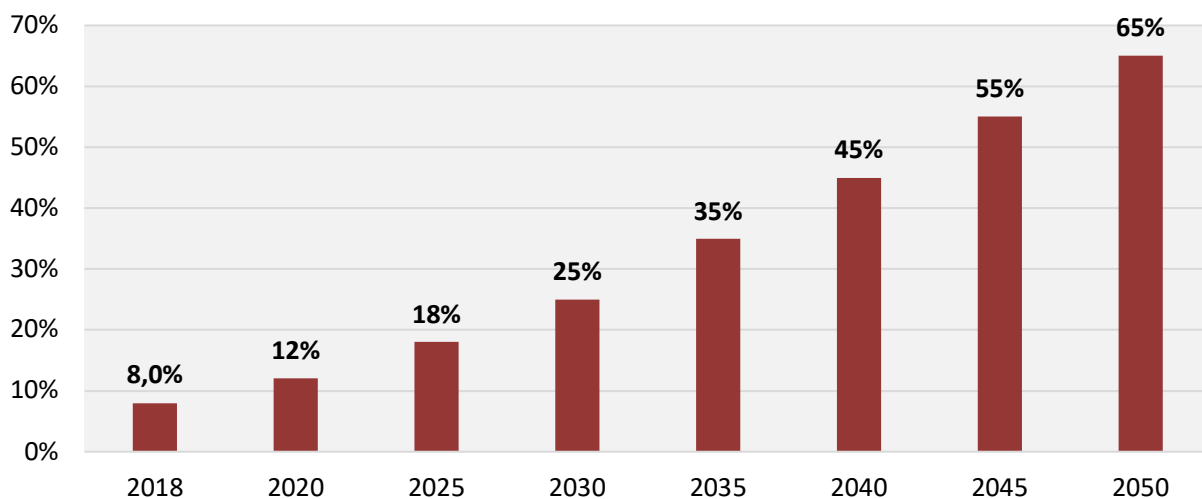


Рис. 5.3. Прогноз частки ВДЕ у виробництві теплової енергії до 2050 року¹².

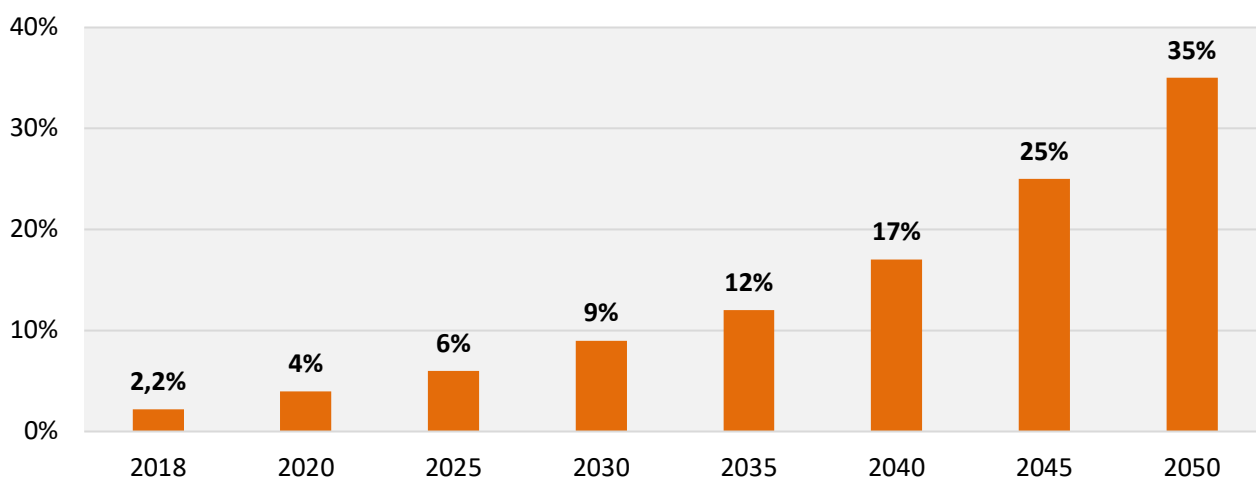


Рис. 5.4. Прогноз частки ВДЕ у транспортному секторі до 2050 року¹².

¹² 2018 рік – дані Держенергоефективності по частці ВДЕ у споживанні електроенергії, теплової енергії, а також енергії з ВДЕ у транспортному секторі.

Реалізація зазначених цілей можлива за умови зменшення ЗППЕ у 2050 р. порівняно з 2018 р. (93,2 млн т н.е.) на 9% (до 85 млн т н.е.). Стосовно виробництва теплової енергії з ВДЕ, треба зазначити, що наразі до 85-90% загального обсягу припадає на біомасу. Згідно прогнозу Біоенергетичної асоціації України, і в подальшому найбільша частка виробництва тепла з ВДЕ в країні буде припадати на біомасу. Цей підхід іде у розріз з деякими «радикальними» прогнозами, згідно яких у майбутньому Україна може повністю перейти на електрообігрів.

Видається показовим приклад Литви, де активно розвивається виробництво теплової енергії з біомаси з амбітними планами і на майбутнє. Згідно Національної стратегії енергетичної незалежності Литви (Lithuania's National Energy Independence Strategy¹³) до 2030 р. 90% теплової енергії будуть вироблятися з ВДЕ, в основному завдяки сучасним ТЕЦ на біомасі. До 2050 року вся тепла енергія, що споживатиметься у Литві, буде вироблятися з ВДЕ та інших чистих джерел. Литовська асоціація централізованого теплопостачання (Lithuanian District Heating Association) зазначає, що у Литві достатньо ресурсів, щоб мати 100% опалення з використанням біопалива, не спричиняючи негативного впливу на навколишнє середовище¹⁴.

Беручи до уваги міркування вище, в Дорожній карті розвитку біоенергетики України до 2050 року передбачено високі частки біомаси від усіх ВДЕ у виробництві теплової енергії (Рис. 5.5). За прийнятою в Дорожній карті динаміці зміни ЗППЕ і його структури, це відповідає частці біомаси у загальному виробництві тепла у 2050 році на рівні 44% (Рис. 5.6).

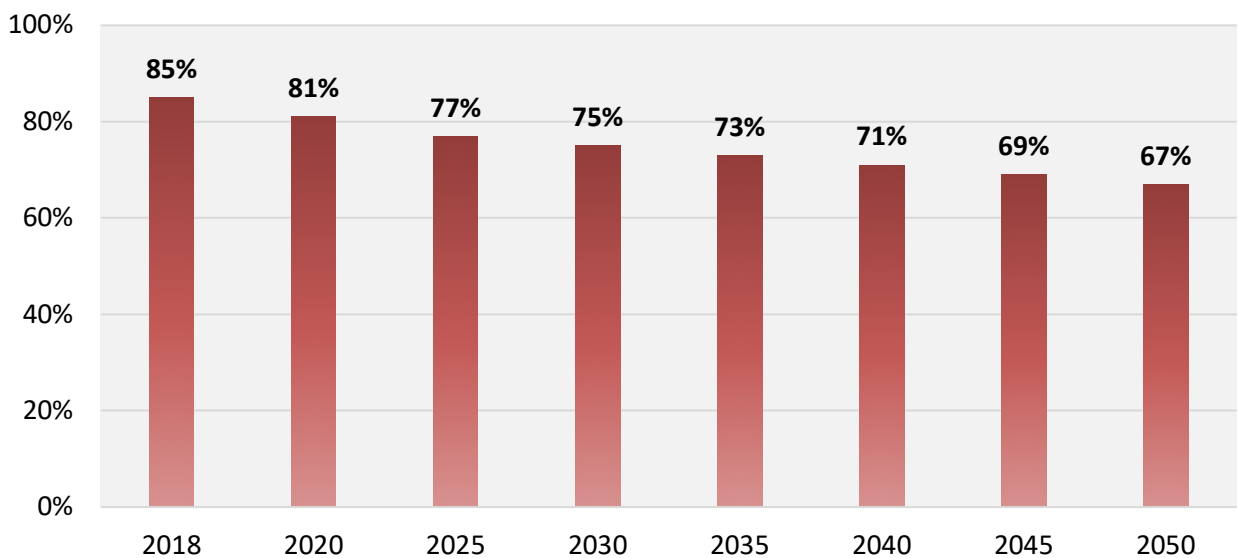


Рис. 5.5. Прогноз частки біомаси від усіх ВДЕ у виробництві теплової енергії¹⁵.

¹³ Lithuania's National Energy Independence Strategy http://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/National_energy_independence_strategy_2018.pdf

¹⁴ ABOUT DH SECTOR <https://lsta.lt/en/about-dh-sector/>

¹⁵ Показник 2018 р. – оцінка Біоенергетичної асоціації України.

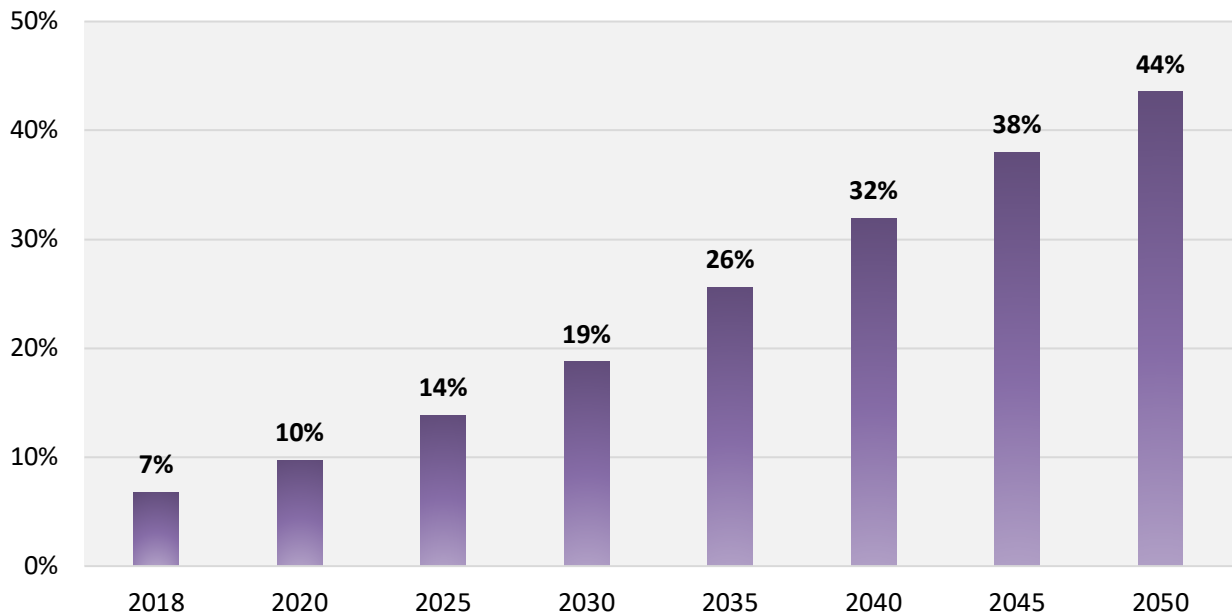


Рис. 5.6. Прогноз частки біомаси у виробництві теплової енергії¹⁵.

Прийняті в Дорожній карті частки біомаси від усіх ВДЕ у виробництві електроенергії та отриманий відповідний внесок біомаси до загального виробництва електроенергії до 2050 року представлені на **Рис. 5.7, 5.8.**

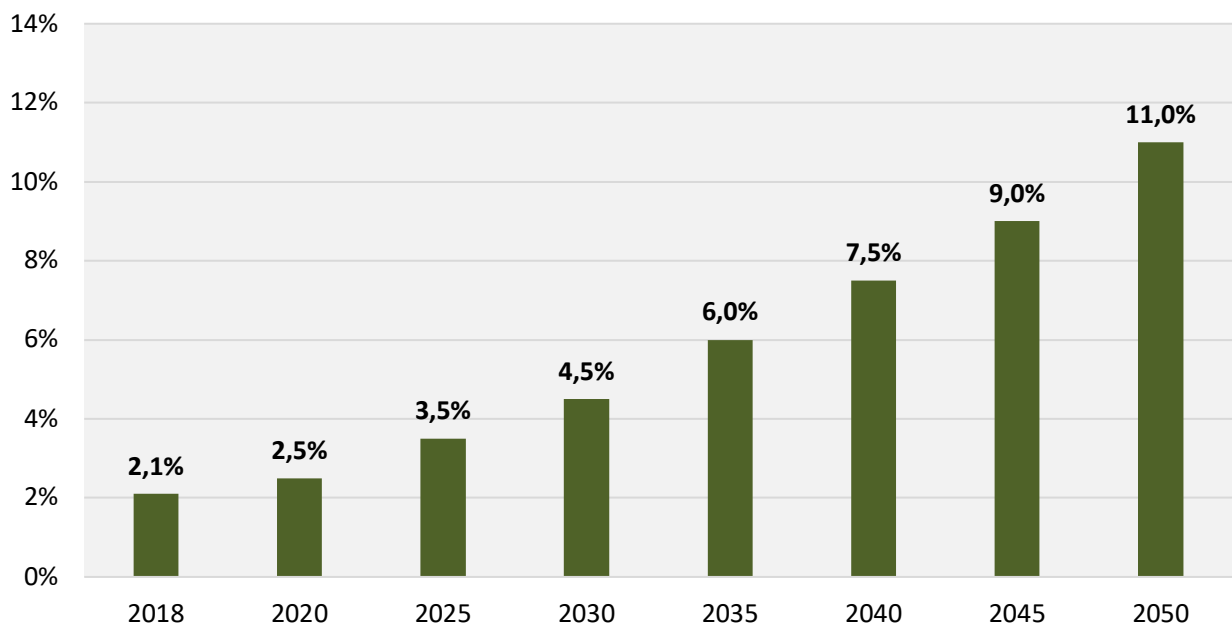


Рис. 5.7. Прогноз частки біомаси від усіх ВДЕ у виробництві електроенергії^{16 17}.

¹⁶ Показник 2018 р. – згідно даних Енергетичного балансу України 2018 р.

¹⁷ При прогнозуванні бралися до уваги дані GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION. A Roadmap to 2050, IRENA, 2018 (http://energytransition.in.ua/wp-content/uploads/2018/12/IRENA_Report_GET_2018.pdf) з урахуванням умов України (поточний та перспективний енергетичний потенціал біомаси, поточний стан та перспективи розвитку інших ВДЕ і т.ін.).

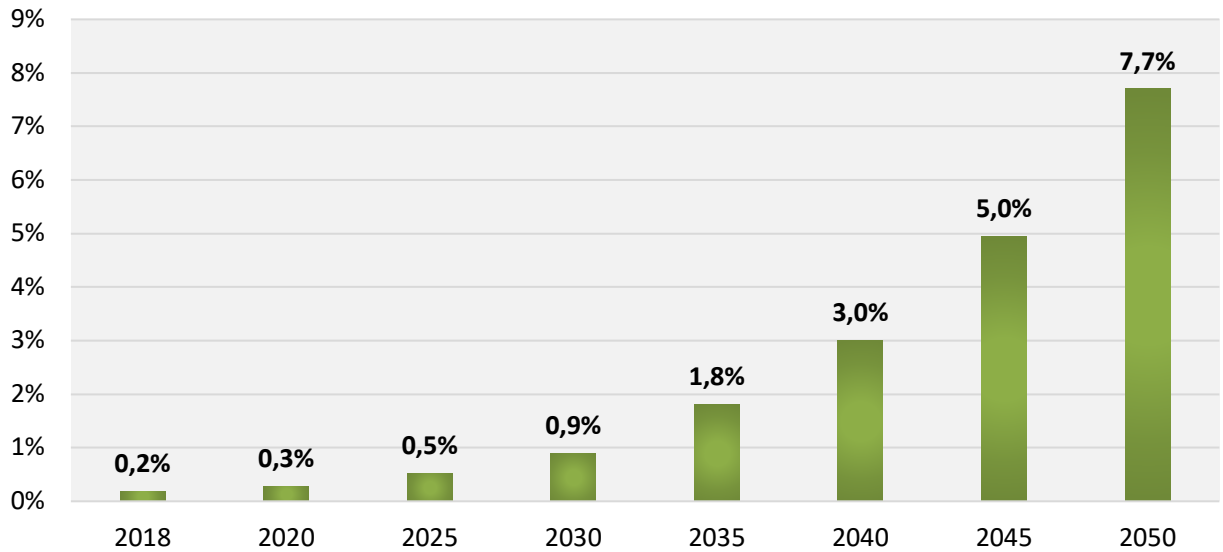


Рис. 5.8. Прогноз частки біомаси у виробництві електроенергії¹⁸.

При моделюванні розвитку сектору моторних біопалив в Україні було використано результати проекту «Засоби поширення використання ВДЕ на транспорті в країнах-членах Енергетичного Співтовариства»¹⁹ (Рис. 5.9, 5.10) і дані Дорожньої Карти трансформації світової енергетики до 2050 року²⁰, розробленої Міжнародним агентством з відновлюваної енергетики (IRENA) (Рис. 5.11).

Тис. т н.е.

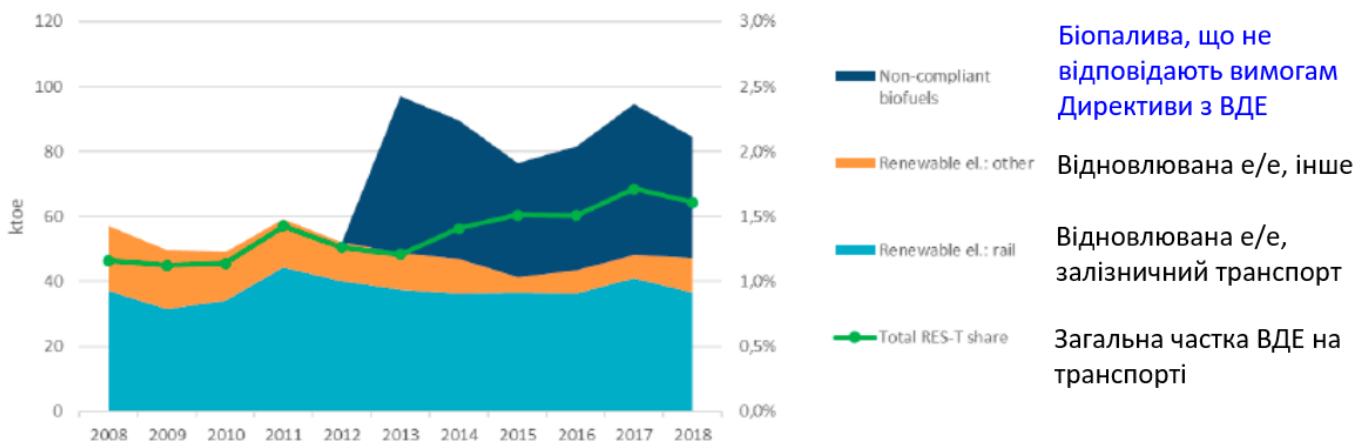


Рис. 5.9. Споживання відновлюваної енергії на транспорті в Україні¹⁹.

¹⁸ Показник 2018 р. – розрахунок за даними Енергобалансу України 2018 р. та ДАЕЕ.

¹⁹ Проект “Modalities to foster use of renewable energy sources in the transport sector by the Energy Community Contracting Parties” (2019-2020 рр.) виконувався у співпраці з Держенергоефективності. Результати проекту стосовно України було представлено на вебінарі 16.10.2020.

²⁰ GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION. A Roadmap to 2050, IRENA, 2018 (http://energytransition.in.ua/wp-content/uploads/2018/12/IRENA_Report_GET_2018.pdf)

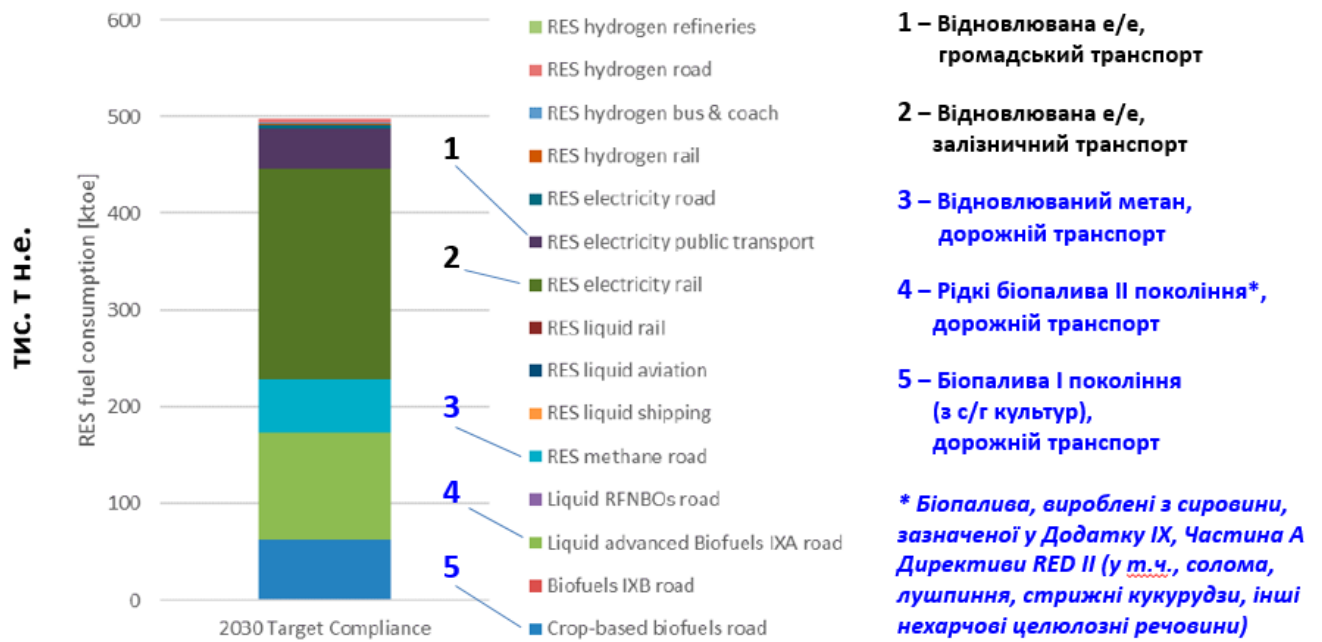


Рис. 5.10. Прогноз структури споживання відновлюваної енергії на транспорті в Україні у 2030 році¹⁹.

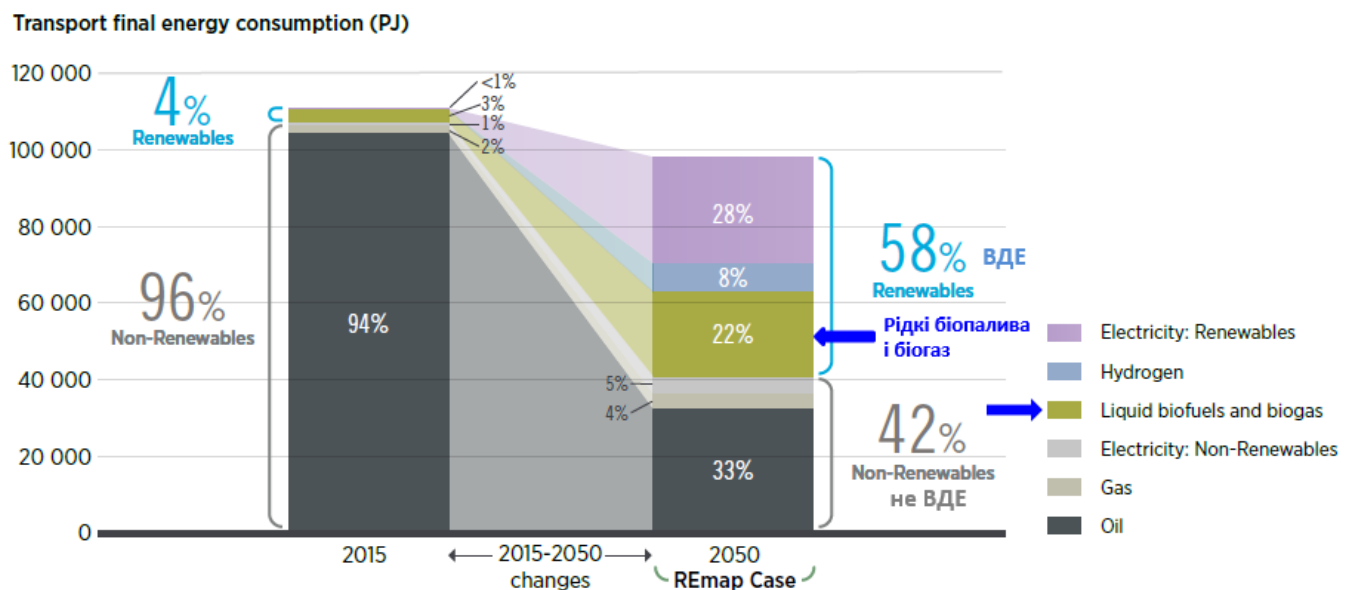


Рис. 5.11. Динаміка зміни структури кінцевого споживання енергії на транспорті у світі до 2050 року²⁰.

Прийняті в Дорожній карті частки біомаси від усіх ВДЕ у секторі транспорту та отриманий відповідний внесок біомаси до споживання енергії на транспорті до 2050 року представлені на **Рис. 5.12, 5.13**.

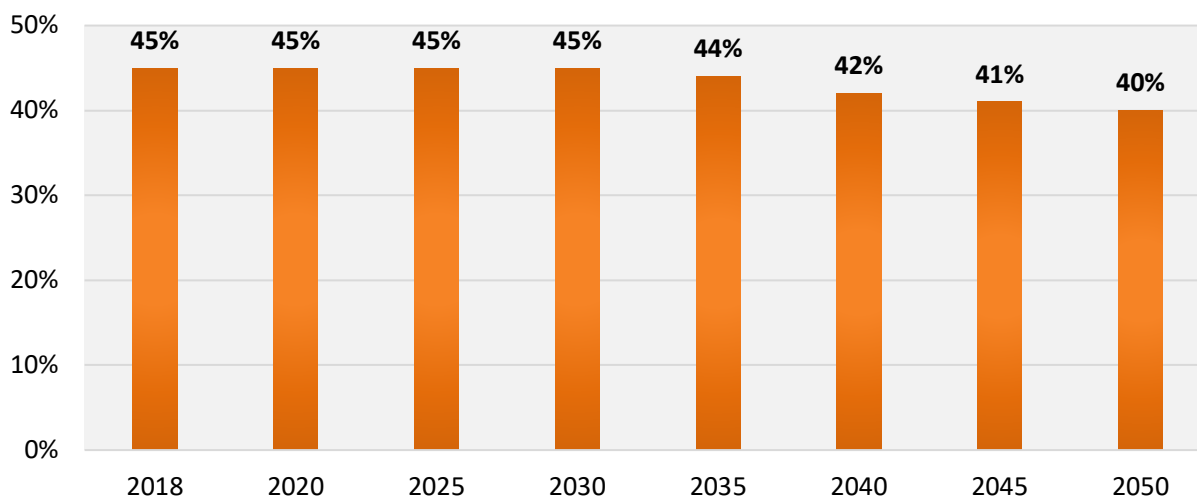


Рис. 5.12. Прогноз частки біомаси від усіх ВДЕ у секторі транспорту²¹.

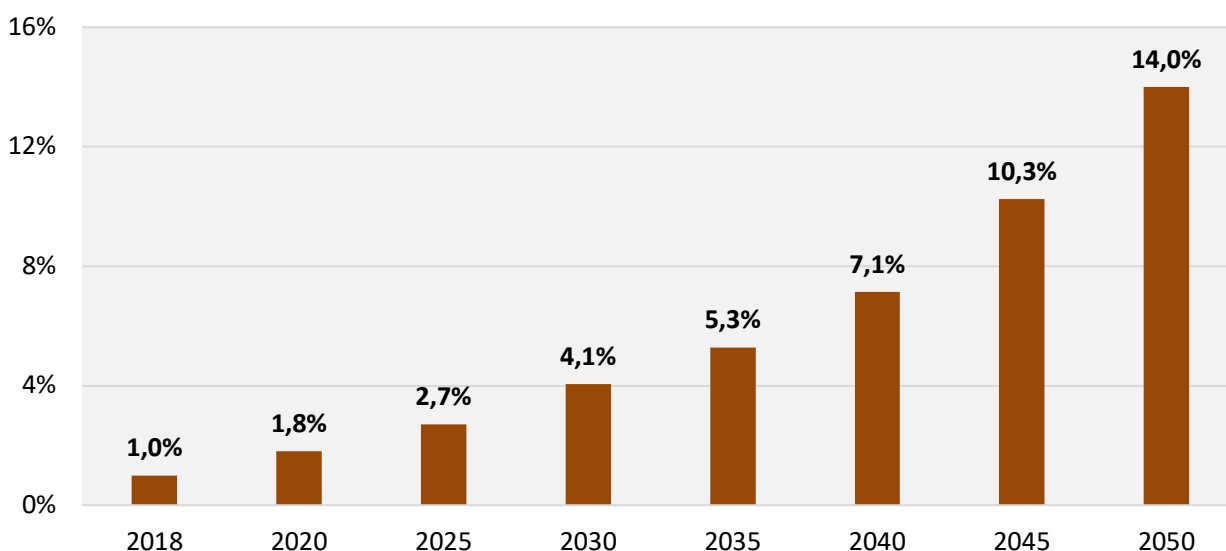


Рис. 5.13. Прогноз частки біопалив у загальному кінцевому споживанні енергії на транспорті²².

Ґрунтуючись на виконаному прогнозуванні розвитку біоенергетики у секторах виробництва теплової енергії, електроенергії і на транспорті, отримано дані по можливому внеску біомаси/біопалив до виробництва відновлюваної енергії і загального постачання первинної енергії в Україні до 2050 року – відповідно, 38% і 24% у 2050 році (**Рис. 5.14, 5.15**).

²¹ Показники 2018 і 2030 рр. – оцінка проекту «Засоби поширення використання ВДЕ на транспорті в країнах-членах Енергетичного Співтовариства» (“Modalities to foster use of renewable energy sources in the transport sector by the Energy Community Contracting Parties” 2019-2020).

²² Показник 2018 р. – розрахунок за даними проекту «Засоби поширення використання ВДЕ на транспорті в країнах-членах Енергетичного Співтовариства» (“Modalities to foster use of renewable energy sources in the transport sector by the Energy Community Contracting Parties” 2019-2020) і ДАЕЕ.

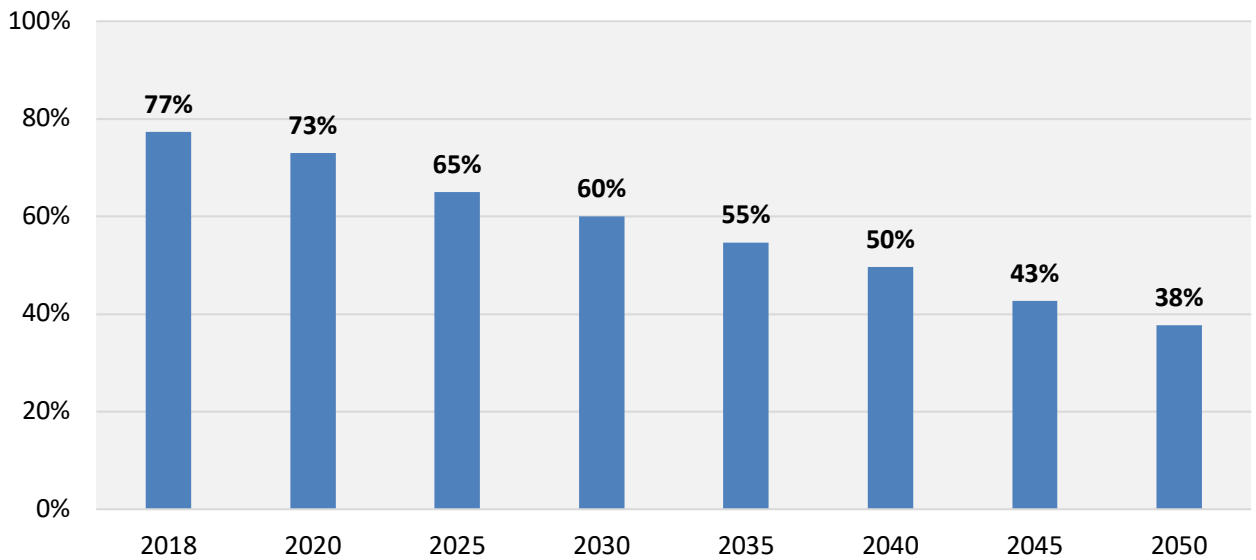


Рис. 5.14. Прогноз частки біомаси від усіх ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії в Україні¹⁶.

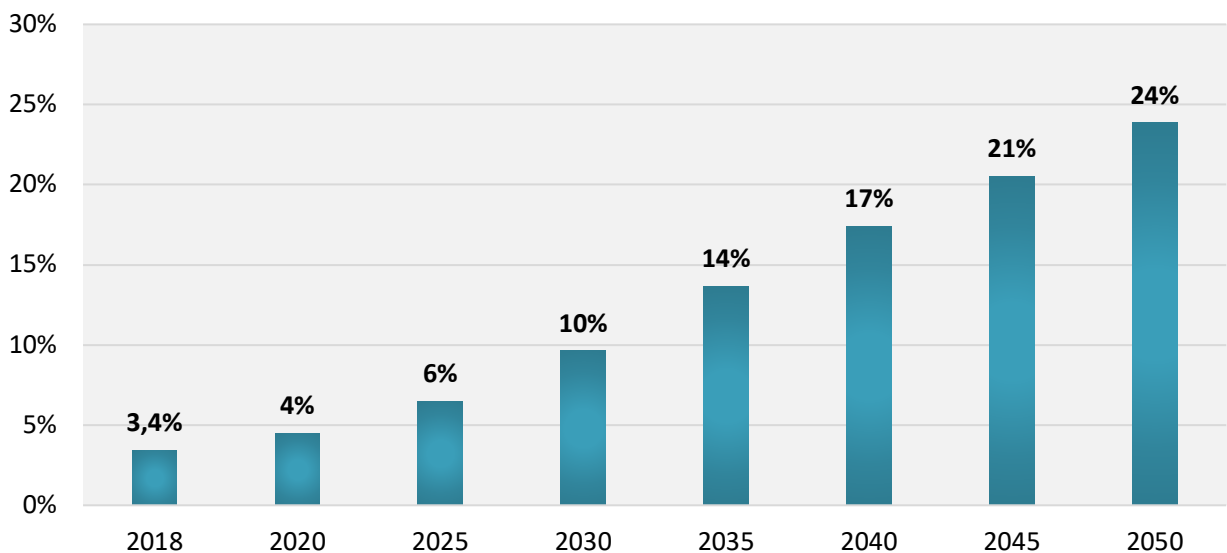


Рис. 5.15. Прогноз частки біомаси у загальному постачанні первинної енергії в Україні¹⁶.

5.2. Потенціал біомаси в Україні та його оцінка до 2050 року.

За даними 2018 року, енергетичний потенціал біомаси в Україні складає більше **23** млн т н.е. Його найбільшими складовими є сільськогосподарські залишки (44% загального обсягу) і енергетичні рослини (32%) (Табл. 5.1, Рис. 5.16). Серед сільськогосподарських залишків найбільша частка припадає на солому зернових культур (33%) та побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (35%).

Таблиця 5.1. Енергетичний потенціал біомаси в Україні (2018 р.).

| Вид біомаси | Теоретичний потенціал, млн т | Потенціал, доступний для енергетики (економічний) | |
|--|---|---|--------------|
| | | Частка теор. потенціалу, % | млн т н.е. |
| Солома зернових культур | 32,8 | 30 | 3,36 |
| Солома ріпаку | 4,9 | 40 | 0,68 |
| Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні) | 46,5 | 40 | 3,56 |
| Побічні продукти виробництва соняшника (стебла, корзинки) | 26,9 | 40 | 1,54 |
| Вторинні сільськогосподарські залишки (лушпиння соняшника) | 2,4 | 100 | 1,00 |
| Деревна біомаса (паливна деревина, порубкові залишки, відходи деревообробки) | 8,8 | 96 | 2,06 |
| Деревна біомаса (сухостій, деревина із захисних лісосмуг, відходи ОВБСН) | 8,8 | 45 | 1,02 |
| Біодизель (з ріпаку) | - | - | 0,39 |
| Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку) | - | - | 0,82 |
| Біогаз з відходів та побічної продукції АПК | 2,8 млрд м ³ СН ₄ | 42 | 0,99 |
| Біогаз з ТПВ | 0,6 млрд м ³ СН ₄ | 29 | 0,14 |
| Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних) | 0,4 млрд м ³ СН ₄ | 28 | 0,09 |
| Енергетичні рослини: | | | |
| - верба, тополя, міскантус*; | 11,5 | 100 | 4,88 |
| - кукурудза (на біогаз)*. | 3,0 млрд м ³ СН ₄ | 100 | 2,57 |
| Всього | - | - | 23,10 |

* За умови вирощування на 1 млн га незадіяних сільськогосподарських земель.

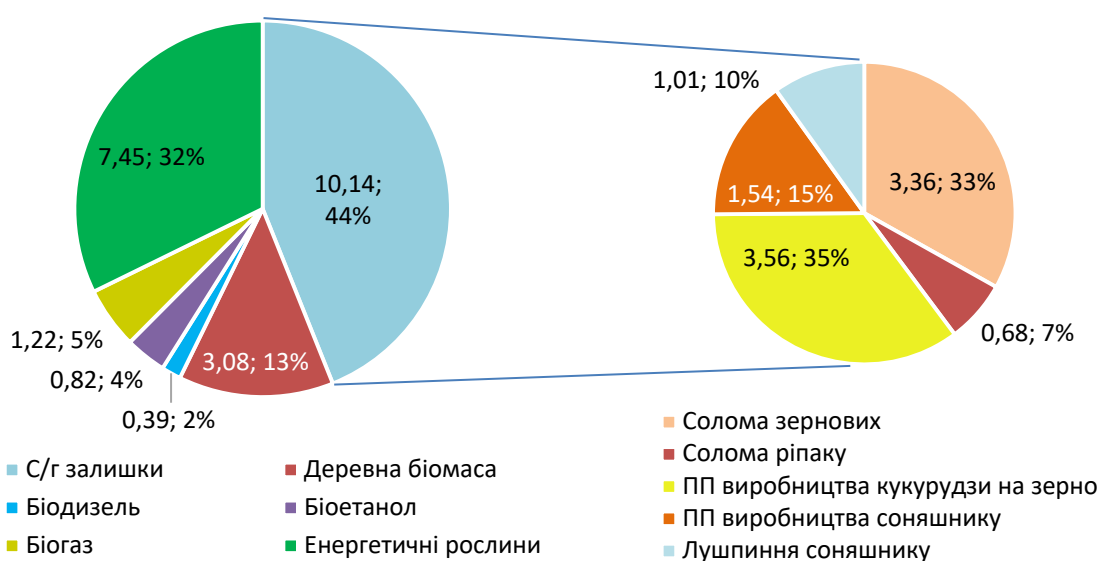


Рис. 5.16. Структура потенціалу біомаси в Україні (2018 р.), млн т н.е.

Експертні оцінки показують, що у 2050 р. цей потенціал може зрости до більше **47,5** млн т н.е./рік, тобто практично подвоїтися (**Табл. 5.2**). Таким чином, рівень споживання біопалив у 2050 році (близько **20** млн т н.е.), передбачений в Дорожній карті, становитиме лише **43%** наявного на той період часу потенціалу біомаси.

Таблиця 5.2. Прогноз енергетичного потенціалу біомаси в Україні у 2050 році.

| Вид біомаси | Теоретичний потенціал, млн т | Потенціал, доступний для енергетики (економічний) | |
|---|---|---|--------------|
| | | Частка теор. потенціалу, % | млн т н.е. |
| Солома зернових культур* | 49,2 | 30 | 5,04 |
| Солома ріпаку | 4,9 | 40 | 0,68 |
| Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)* | 58,1 | 40 | 4,45 |
| Побічні продукти виробництва соняшника (стебла, корзинки) | 26,9 | 40 | 1,54 |
| Вторинні сільськогосподарські залишки (лушпиння соняшника) | 2,4 | 100 | 1,00 |
| Деревна біомаса (паливна деревина, порубкові залишки, відходи деревообробки)* | 12,3 | 96 | 2,88 |
| Деревна біомаса (сухостій, деревина із захисних лісосмуг, відходи ОВБСН) | 8,8 | 45 | 1,02 |
| Біодизель (I і II покоління)* | - | - | 1,10 |
| Біоетанол (I і II покоління)* | - | - | 2,33 |
| Біогаз з відходів та побічної продукції АПК* | 8,4 млрд м ³ СН ₄ | 83 | 5,92 |
| Біогаз з ТПВ* | 0,7 млрд м ³ СН ₄ | 70 | 0,42 |
| Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)* | 0,4 млрд м ³ СН ₄ | 31 | 0,11 |
| Енергетичні рослини*: | | | |
| - верба, тополя, міскантус**; | 34,5 | 100 | 14,65 |
| - кукурудза (на біогаз)**. | 7,5 млрд м ³ СН ₄ | 100 | 6,43 |
| Всього | - | - | 47,57 |

* Складові потенціалу біомаси, ріст яких очікується до 2050 року. Інші складові, згідно консервативного підходу, залишені на рівні значень потенціалу 2018 року.

** За умови вирощування на 2 млн га незадіяних сільськогосподарських земель.

Основні фактори росту енергетичного потенціалу біомаси у період до 2050 р. включають:

- Підвищення врожайності сільськогосподарських культур, в першу чергу, зернових.

Аналіз поточного стану та існуючих тенденцій у сільському господарстві України, а також даних щодо врожайності зернових культур в Україні та країнах ЄС (статистичні дані

FAOSTAT²³) показує, що врожайність пшениці в Україні до 2050 року може зрости у 1,5 разів, кукурудзи – у 1,4 рази.

- *Суттєве збільшення економічного потенціалу біогазу з різних видів сировини за рахунок наступних чинників:*

- розширення сировинної бази для виробництва біогазу за рахунок включення поживних решток;
- ріст виробництва основної продукції різними галузями промисловості;
- укрупнення тваринницьких підприємств;
- перехід від захоронення ТПВ до використання технології механіко-біологічної обробки.

- *Подвоєння площ під енергорослинами та ріст їх врожайності.*

Приймаємо, що площі під енергорослинами у 2050 році складуть 2 млн га для верби, тополі, міскантусу і ще 2 млн га для кукурудзи на біогаз.

- *Ріст частки рубки річного приросту деревини в лісах.*

Аналіз поточного стану та існуючих тенденцій у лісовому господарстві України, а також даних щодо рівня рубки річного приросту деревини в Україні та країнах ЄС (статистичний звіт Європейської біоенергетичної асоціації «Постачання біомаси» 2019²⁴) показує, що цей показник в Україні може бути збільшений в 1,4 рази (з ~51% до ~71%)²⁵.

- *Перехід на моторні біопалива II покоління і нові види сировини для моторних біопалив I покоління.*

Оцінка потенціалу рідких біопалив за даними 2018 року базується на виробництві біодизелю I покоління (з насіння ріпаку) і біоетанолу I покоління (з зерна кукурудзи і меляси цукрового буряку). При прогнозуванні потенціалу рідких біопалив у 2050 році враховується виробництво біопалив II покоління (з лігноцелюлозної сировини), а також використання нових видів сировини (наприклад, відходів харчової рослинної олії, тваринних жирів) для отримання біопалив I покоління.

5.3. Критерії сталості для біомаси.

В Європейському Союзі нова Директива з відновлюваної енергетики 2018 року RED II²⁶ визначає критерії сталості та вимоги до скорочення емісії парникових газів, яким мають задовольняти рідкі біопалива на транспорті для можливості їх зарахування у виконання загальної цілі – 14% ВДЕ на транспорті до 2030 року і можливості отримання державної фінансової підтримки. Деякі з цих критеріїв і вимог такі ж самі, як були в першій Директиві з відновлюваної енергетики 2009 року²⁷ (RED I), тоді як інші є новими або

²³ FAOSTAT. Crops <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

²⁴ Bioenergy Europe Statistical Report on Biomass Supply <https://bioenergyeurope.org/article/178-biomass-supply-report.html>

²⁵ Обґрунтування наведено в Аналітичній Записці UABIO № 19 (2018) «Можливості заготівлі деревного палива в лісах України» <https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/position-paper-uabio-19-ua.pdf>

²⁶ DIRECTIVE (EU) 2018/2001

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>

²⁷ DIRECTIVE 2009/28/EC

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>

уточненими. Зокрема, Директива RED II вводить критерії сталості для лісової біомаси та вимоги щодо скорочення викидів парникових газів для твердих і газоподібних біопалив (Таблиця 5.3).

Значення за замовчуванням щодо викидів парникових газів та відповідні методики розрахунку наведено у Додатку V (для рідких біопалив) і Додатку VI (для твердих та газоподібних біопалив для випадку виробництва теплової і електричної енергії) Директиви RED II. З розвитком технологій, у разі необхідності Єврокомісія може переглянути і уточнити значення за замовчуванням стосовно викидів парникових газів. Суб'єкти економічної діяльності можуть використовувати значення за замовчуванням із Директиви RED II або розраховувати реальні показники, що відповідають їх діяльності.

Таблиця 5.3. Мінімальні вимоги по зменшенню викидів парникових газів згідно Директиви RED II²⁸.

| Дата початку роботи установки з виробництва відповідного виду енергоносія | Моторні біопалива | Моторні відновлювані палива небіологічного походження | Електроенергія, тепла енергія, холод з біомаси |
|---|-------------------|---|--|
| До 05.10.2015 (включно) | 50% | - | - |
| З 06.10.2015 по 31.12.2020 | 60% | - | - |
| З 01.01.2021 | 65% | 70% | 70% |
| З 01.01.2026 | 65% | 70% | 80% |

Що стосується України, то, ставши повноправним членом Енергетичного Співтовариства у 2011 році, країна взяла на себе зобов'язання впровадити низку норм, включаючи Директиву RED I. Відповідно до вимог Директиви Україна розробила та прийняла Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року (затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 1 жовтня 2014 р. № 902-р). Цей документ встановлює національну індикативну ціль щодо досягнення 11% ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні до 2020 року, а також 10% споживання ВДЕ у транспортному секторі. НПДВЕ зазначає, що кількісна оцінка очікуваного обсягу споживання ВДЕ на транспорті враховує біопаливо, яке відповідає критеріям сталості. Однак в цьому документі критерії описані не чітко, і вимога про те, що біопалива повинні відповідати критеріям сталості для зарахування до цілі на 2020 рік, явно не включена.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2014 р. № 791-р затверджено План заходів з імплементації Директиви RED I. Пунктом 12 цього Порядку передбачено розробку критеріїв сталості для біопалив та біопаливних рідин в Україні до 30 грудня 2014 року. Наразі ці критерії не впроваджені в національне законодавство. Як член Енергетичного Співтовариства, Україна також зобов'язана імплементувати RED II. Однак на сьогоднішній день не існує жодних документів чи законодавчих ініціатив, які б регулювали таку діяльність.

²⁸ Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II) <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii>

Законопроект № 3356 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у галузі транспорту» був зареєстрований у Верховній Раді України 17.04.2020 р. Закон містить, серед іншого, декларацію про те, що рідке біопаливо (біокомпоненти), яке враховується для дотримання встановленої законодавством обов'язкової частки у продажу автомобільних бензинів на митній території України з 1 липня 2022 року, повинно відповідати критеріям сталості. У законопроекті зазначено, що процедура підтвердження відповідності критеріям сталості рідкого біопалива (біокомпонентів) та біогазу, призначеного для використання на транспорті, затверджується Кабінетом Міністрів України з урахуванням зобов'язань України перед Енергетичним Співтовариством та Угоди про асоціацію України з ЄС, з одного боку, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії та їх державами-членами, з іншого. Однак одночасно зазначається, що перевірка відповідності повинна відбуватися із залученням систем добровільної сертифікації. Стаття 8-2 «Критерії сталості рідкого біопалива (біокомпонентів) та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту» законопроекту передбачає перелік критеріїв сталості для захисту земельних ділянок зі значним біорізноманіттям, високими запасами вуглецю, торфовищ та водно-болотних угідь відповідно до RED. У тексті законопроекту відсутні вимоги щодо скорочення викидів парникових газів. Технічні вимоги щодо зменшення викидів парникових газів для виробництва та використання рідких біопалив (біокомпонентів) та біогазу, призначених для використання у транспортній галузі, визначаються відповідно до національного стандарту відповідно до Закону.

Перший варіант національного стандарту «Біопаливо та біорідина. Викиди парникових газів. Технічні вимоги» розроблено Інститутом проблем екології та енергозбереження у співпраці з проектом USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» та Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України. Цей нормативний документ спрямований на виявлення та надання інформації суб'єктам господарювання щодо виробництва та використання біопалив та біорідин, а саме: технічні вимоги до викидів парникових газів; референтне значення викидів парникових газів для викопних палив; використання стандартних значень для розрахунку скорочення викидів парникових газів; правила розрахунку фактичних викидів парникових газів та їх скорочення. Офіційно цей стандарт ще не прийнятий.

5.4. Запропоноване використання біоенергетичного потенціалу за видами біомаси та отриманого енергоносія до 2050 року.

Структура та напрямки використання енергетичного потенціалу біомаси, передбачені в Дорожній карті, представлені на **Рис. 5.17, 5.18**. Прогнозується, що у 2050 році для енергетичних потреб буде залучено більше **20** млн т н.е. біомаси/біопалив наступних видів: деревна біомаса, первинні та вторинні сільськогосподарські залишки, енергетичні рослини, біогаз/біометан з різних видів сировини, рідкі біопалива (біодизель, біоетанол) (див. **Рис. 5.17**). Напрямки використання біопалив включають виробництво теплової і електричної енергії з твердих біопалив, біогазу і біометану, отримання моторних біопалив (біометану, біодизелю, біоетанолу), а також експорт біометану (див. **Рис. 5.18**).

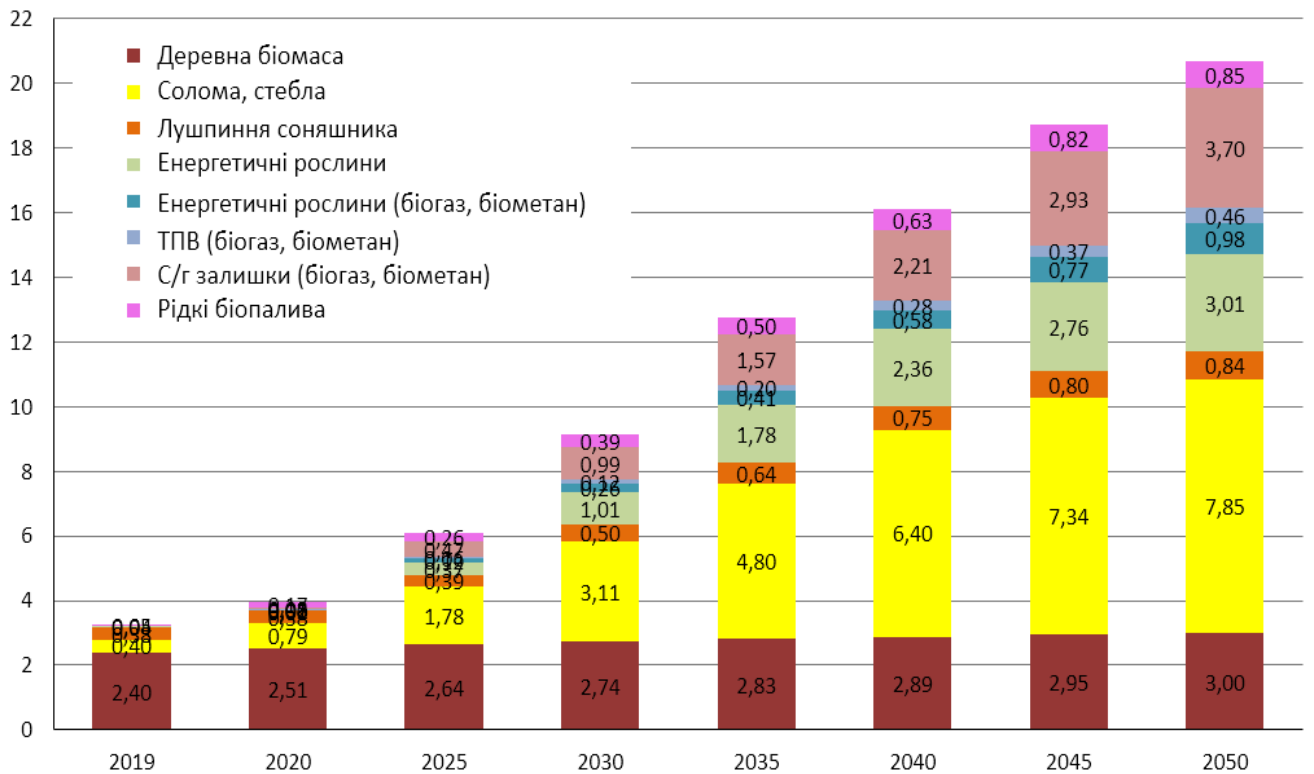


Рис. 5.17. Запропонована в Дорожній карті структура виробництва біопалив в Україні до 2050 р. за їх видами, **млн т н.е.**

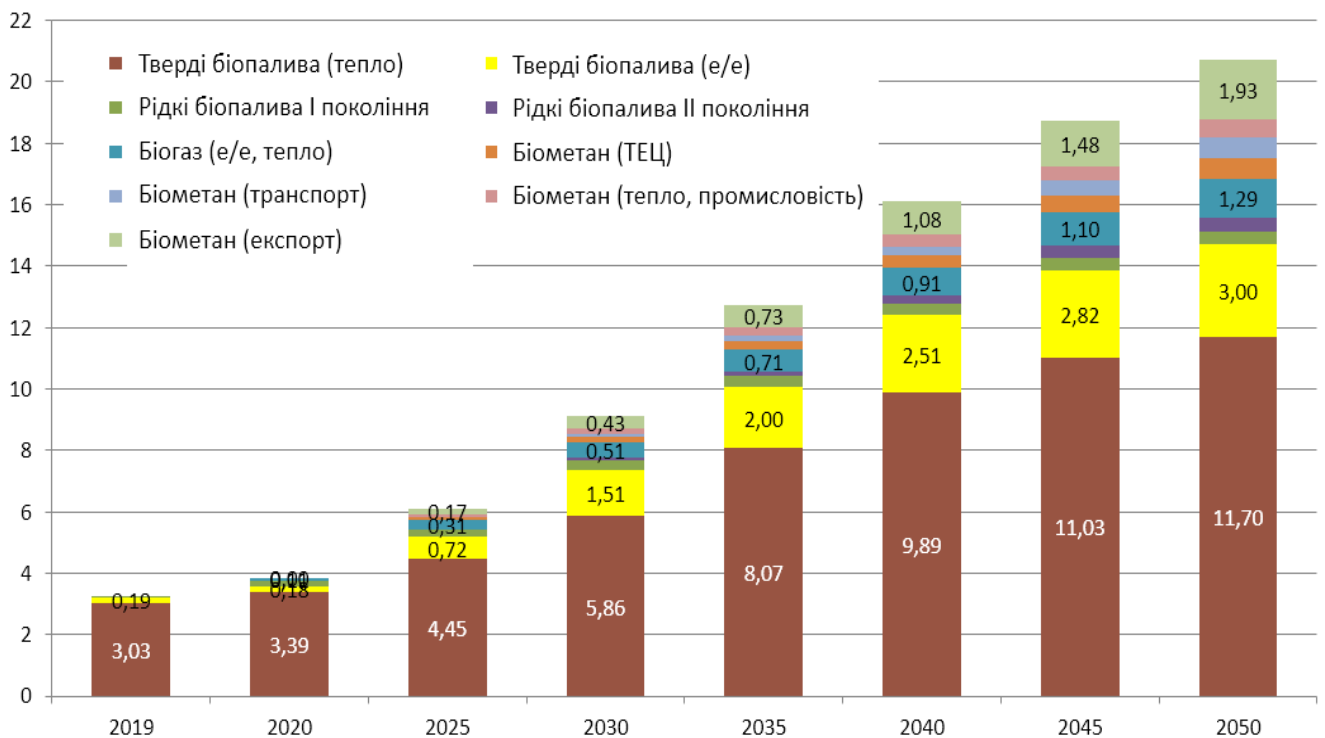


Рис. 5.18. Запропонована в Дорожній карті структура виробництва біопалив в Україні до 2050 р. за видами отриманого енергоносія, **млн т н.е.**

Запропонована структура виробництва і споживання біопалив враховує і відображає *ключові тенденції*, які за прогнозами експертів матимуть місце у секторі біоенергетики

України у період 2020-2050 років:

- *Збільшення частки агробіомаси – сільськогосподарських залишків та енергорослин в структурі споживання твердих біопалив – до, відповідно, 60% та 20% загального обсягу у 2050 р.*

Наразі основними складовими енергетичного потенціалу біомаси в Україні є первинні сільськогосподарські залишки (солома зернових культур та ріпаку, побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно та соняшника) – майже 40% загального потенціалу (тут і далі – за даними 2018 р.) і енергетичні рослини (верба, тополя, міскантус для отримання твердого біопалива і силос кукурудзи для виробництва біогазу) – 32%. Але у структурі виробництва енергії з біомаси в Україні первинні сільськогосподарські залишки і енергорослини займають останні місця, оскільки їх потенціал використовується лише на 0...3% в залежності від виду біомаси. Дорожня карта передбачає суттєве збільшення обсягів енергетичного використання агробіомаси, у першу чергу стебел та інших побічних продуктів виробництва зернової кукурудзи та соняшнику.

- *Мінімальний ріст обсягу використання деревних біопалив – в 1,2 рази у 2050 р. (проти 8 разів для сільськогосподарських залишків протягом 2020-2050 рр.).*

Частка деревної біомаси в структурі енергетичного потенціалу біомаси в Україні становить всього близько 13%, проте практичне застосування її потенціалу перевищує 80%. Виходячи із засад сталого розвитку, Дорожня карта передбачає мінімальний ріст обсягів виробництва енергії з деревного біопалива, необхідний для виконання цілей 2050 року. Цей ріст може бути досягнуто за рахунок залучення до енергетичного використання порубкових решток, сухостою, деревини від реконструкції та відновлення захисних лісосмуг, відходів від обрізки та викорчовування фруктових садів та виноградників. Також планується збільшення рівня рубки річного приросту деревини в лісах з поточних ~51% до ~71%²⁵, що відповідає європейському досвіду²⁴.

- *Збільшення обсягів виробництва біогазу і рідких біопалив – до 1,29 млн т н.е./рік та 0,85 млн т н.е./рік, відповідно, у 2050 р.*

Україна має необхідні передумови та можливості для суттєвого нарощування обсягів виробництва рідкого та газоподібного біопалива. Сировиною для отримання біогазу можуть бути сільськогосподарські залишки (первинні, такі як солома; вторинні, наприклад, пивна барда, жом цукрового буряку; гній, послід), енергетичні рослини (силос кукурудзи), а також ТПВ та деякі інші види біомаси. Рідкі моторні біопалива включають біоетанол та біодизель. В Україні традиційними видами сировини для виробництва рідких біопалив I покоління є зерно кукурудзи і меляса з цукрових буряків для біоетанолу; насіння ріпаку – для біодизеля.

- *Започаткування та значний ріст виробництва біометану і моторних біопалив II покоління – до, відповідно, 3,9 млн т н.е./рік та 0,43 млн т н.е./рік у 2050 році.*

Отримання та споживання біометану для виробництва електроенергії/теплової енергії і для використання на транспорті, а також виробництво моторних біопалив II

покоління є відносно новими, але надзвичайно перспективними сегментами біоенергетики.

В Україні, на відміну від Європи, отримання та споживання біометану для виробництва електроенергії/теплової енергії і для використання на транспорті, а також виробництво моторних біопалив II покоління, нажаль, ще не почали розвиватися. Дорожня карта передбачає започаткування та значний ріст виробництва зазначених видів біопалива, що відповідає європейським трендам та пропонує безперечні переваги для енергетики і транспортного сектору країни.

5.5. Біопалива в секторах виробництва теплової енергії, електроенергії та на транспорті.

Відомо, що в Україні більше половини кінцевого споживання енергії припадає на теплову енергію (**Рис. 5.19**). З урахуванням цього, згідно Дорожньої карти, у 2050 році близько половини загального обсягу споживання біопалив припадатиме на тверді біопалива, що використовуються для виробництва теплової енергії (11,7 млн т н.е.) (див. **Рис. 5.18**). Решта у відносно співставних пропорціях розділитиметься між твердими біопаливами для виробництва електроенергії (3,0 млн т н.е.), біогазом (2,36 млн т н.е.) і біометаном (2,36 млн т н.е.). Найменша частка загального обсягу споживання біопалив у 2050 р. відповідає рідким біопаливам (0,85 млн т н.е.); з них біопалива II покоління (виробництва яких в Україні дотепер ще не було) складають 0,43 млн т н.е.

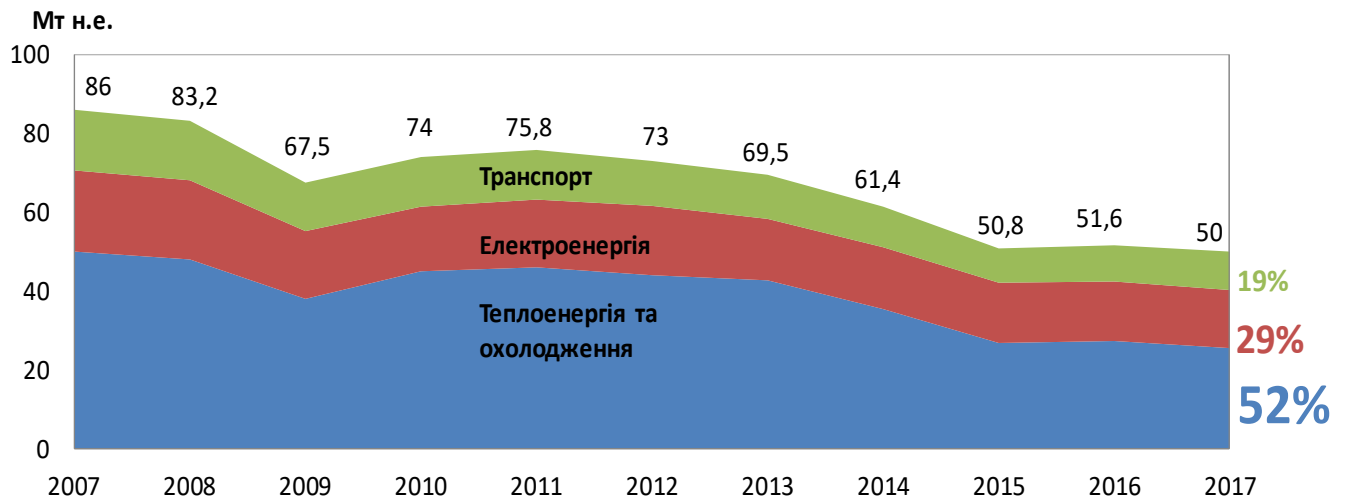
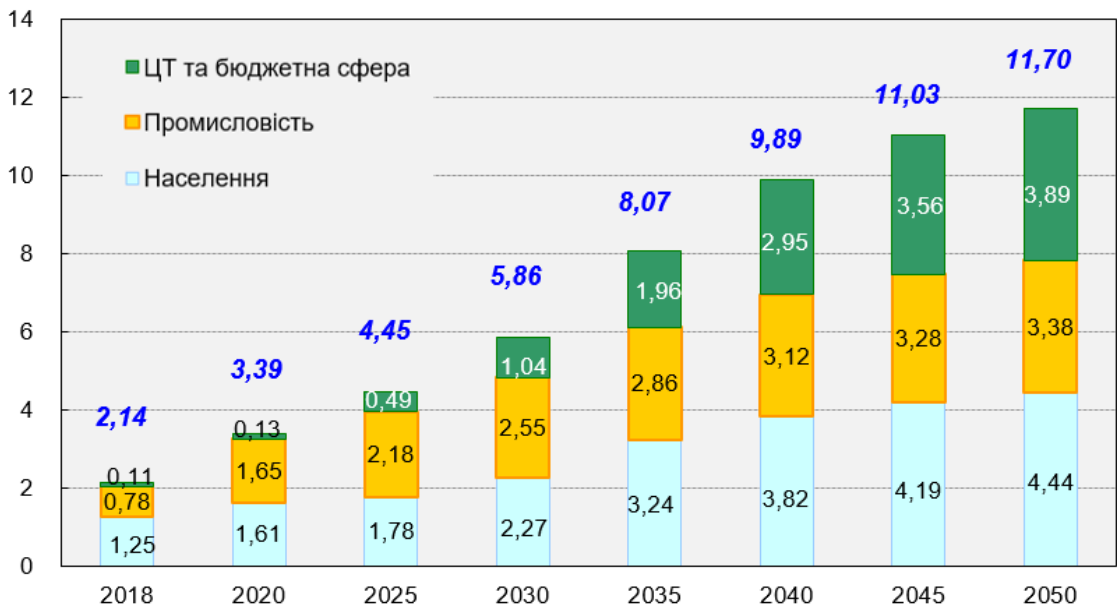


Рис. 5.19. Структура кінцевого енергоспоживання України, 2007-2017 рр.²⁹

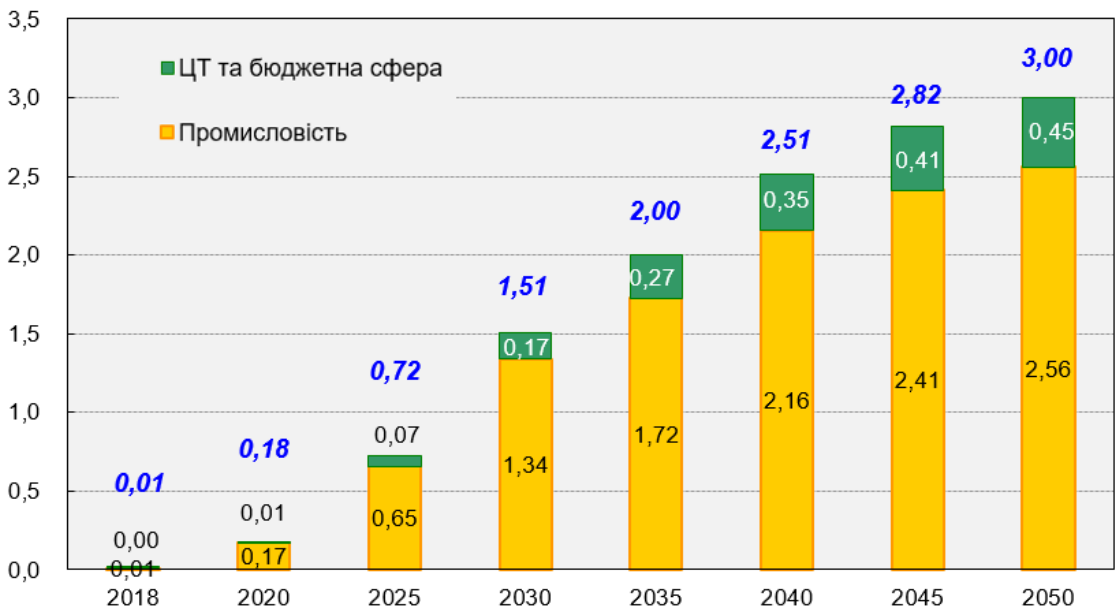
Прогноз структури використання твердих біопалив для виробництва теплової та електричної енергії в Україні у різних секторах представлено на **Рис. 5.20, 5.21**. З наведених даних видно, що обсяги виробництва теплової енергії з твердої біомаси до 2050 р. будуть співставними у ЦТ/бюджетній сфері, промисловості і індивідуальному опаленні населення, тоді як виробництво електроенергії з біомаси буде зосереджено, головним чином, в промисловому секторі.

²⁹ Оцінено за даними Енергетичних балансів України.



верхні цифри – сума по секторах

Рис. 5.20. Прогноз структури використання твердих біопалив для виробництва теплової енергії в Україні у різних секторах, млн т н.е.



верхні цифри – сума по секторах

Рис. 5.21. Прогноз структури використання твердих біопалив для виробництва електричної енергії в Україні у різних секторах, млн т н.е.

5.6. Біоенергетичні технології і обладнання, передбачені для впровадження до 2050 р.

Передбачається, що загальна встановлена потужність біоенергетичного обладнання у 2050 році складатиме близько 48 ГВт_т і 4 ГВт_{ел}. Загальне споживання біопалив становитиме більше 20 млн т н.е./рік, що фактично відповідає майже повному поточному

потенціалу біомаси в Україні (див. **Табл. 5.1**).

В **Таблиці 5.4** представлено розподілення обладнання по секторах у 2050 році: побутовий сектор (побутові котли, пічки на твердому біопаливі), ЦТ та бюджетна сфера (котли і ТЕЦ на твердому біопаливі), промисловість (котли, ТЕЦ, ТЕС, ТЕС ORC на твердому біопаливі, ТЕЦ на біогазі/біометані).

Таблиця 5.4. Прогноз встановленої потужності біоенергетичного обладнання в Україні у 2050 році.

| Вид обладнання | Загальна встановлена потужність у 2050 р. | |
|---|---|-------------------|
| | МВт _т | МВт _{ел} |
| <i>Побутовий сектор</i> | | |
| Побутові котли, пічки на деревній біомасі (дрова, гранули, брикети) | 5285 | |
| Побутові котли на агробіомасі (гранули, брикети, малі тюки) | 7500 | |
| Побутові котли на енергетичних рослинах (гранули, тріска) | 6000 | |
| <i>ЦТ + бюджетна сфера</i> | | |
| Котли (деревна біомаса) | 600 | |
| Котли (первинні с/г залишки) | 12750 | |
| Котли (вторинні с/г залишки) | 900 | |
| Котли (енергетичні рослини) | 2750 | |
| ТЕЦ (деревна біомаса) | 225 | 75 |
| ТЕЦ (первинні с/г залишки) | 1500 | 500 |
| ТЕЦ (енергетичні рослини) | 2250 | 750 |
| <i>Промисловість</i> | | |
| Котли (деревна біомаса) | 1400 | |
| Котли (первинні с/г залишки) | 3000 | |
| Котли (вторинні с/г залишки) | 300 | |
| ТЕЦ (деревна біомаса) | 240 | 80 |
| ТЕЦ (первинні с/г залишки) | 1520 | 475 |
| ТЕЦ (вторинні с/г залишки) | 300 | 100 |
| ТЕЦ (біогаз, біометан) | 1536 | 1151 |
| ТЕС (первинні с/г залишки) | | 380 |
| ТЕС (вторинні с/г залишки) | | 160 |
| ТЕС (деревна біомаса) | | 55 |
| ТЕС (енергетичні рослини) | | 340 |
| ТЕС ORC (первинні с/г залишки) | | 25 |
| Всього | 48056 | 4091 |

5.7. Оцінка інвестицій, необхідних для реалізації Дорожньої карти розвитку біоенергетики до 2050 року.

Попередні експертні оцінки свідчать про те, що реалізація Дорожньої карти потребує інвестицій в діапазоні **21...33,5** млрд євро в залежності від вартості обладнання, яке буде впроваджуватися. Орієнтовний розподіл інвестицій за видами біоенергетичного обладнання/технологій наведено в **Таблиці 5.5**.

Таблиця 5.5. Оцінка інвестицій, необхідних для реалізації Дорожньої карти розвитку біоенергетики України до 2050 року.

| Види біоенергетичного обладнання/ технологій | Питомі капітальні витрати* | Необхідні інвестиції, млрд євро |
|--|---|------------------------------------|
| Побутові котли, пічки на твердій біомасі | 50...100 євро/кВт _т | 0,9...1,9 |
| Котли на твердій біомасі. | 200...300 євро/кВт _т | 4,3...6,5 |
| ТЕЦ/ТЕС на твердій біомасі. | 2500...4000 євро/кВт _{тел} | 7,4...11,8 |
| ТЕЦ на біогазі/біометані (с/г залишки, полігони ТПВ, МБО відходів, стічні води). | 2500...4000 євро/кВт _{тел} | 5,7...9,1 |
| Виробництво біометану (моторне паливо) | 10000...16000 євро/(м ³ СН ₄ /Год) | 1,1...1,8 |
| Виробництво рідких біопалив I покоління. | 837...1648 євро/т н.е. | 0,4...0,7 |
| Виробництво рідких біопалив II покоління. | 2346...4246 євро/т н.е. | 1,0...1,8 |
| Загалом | | 20,8...33,5 |

* Наведено усереднені значення. Питомі капітальні витрати залежать від потужності конкретного типу обладнання, виду застосованої технології і використовуваної біомаси. Вони поступово зменшуватимуться протягом періоду часу до 2050 року.

Очікувані джерела фінансування включають приватні інвестиції, кредити/гранти українських та міжнародних фінансових установ і програм (Укргазбанк, ЄБРР, GEF, IFC, USAID, GIZ, NEFCO, UNDP тощо), а також державні кошти в рамках відповідних програм підтримки.

5.8. Механізми підтримки.

Чинне законодавство України, що стосується сектору біоенергетики, включає низку нормативно-правових актів, які регулюють різні сфери біоенергетики. Законодавство можна розділити на два рівні – законодавчий, що включає основні закони України щодо регулювання біоенергетики, та підзаконні нормативні акти із низкою важливих норм та процедур, затверджених постановами різних державних органів.

Незважаючи на досить велику кількість чинних нормативно-правових актів, що стосуються сектору біоенергетики, заходи для його підтримки насправді включають лише два інструменти: **«зелений» тариф** на електроенергію, вироблену з ВДЕ (включаючи біомасу/біогаз), та **стимулюючий тариф** на теплову енергію, вироблену з альтернативних джерел енергії (включаючи біомасу/біогаз). Свого часу ці інструменти стимулювання відігравали значну роль, але зараз вони потребують певного вдосконалення та перегляду.

Закон України «Про альтернативні джерела енергії»³⁰ (№ 555-IV від 20 лютого 2003 р.) регулює економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергії та сприяє розширенню їх використання, а також порядок розрахунку та застосування «зеленого» тарифу. Закон передбачає **«зелений» тариф** на електроенергію, вироблену з біомаси та біогазу, та можливі надбавки у разі використання українського обладнання. Закон також визначає процедуру проведення аукціонів з відновлюваної енергії для отримання державної підтримки.

До Закону декілька разів були внесені правки, і останні з них негативно впливають на біоенергетичні проєкти, беручи до уваги той факт, що отримання «зеленого» тарифу для них обмежене січнем 2023 року. Друга проблема полягає в тому, що існуючий «зелений» тариф є занадто низьким, щоб ефективно стимулювати широке впровадження виробництва біогазу та електростанцій на біомасі. Зокрема, біометан за існуючої системи механізму стимулювання не може конкурувати з іншими відновлюваними джерелами енергії через відносно високі виробничі витрати. На сьогоднішній день в Україні немає прикладів установок для збагачення біогазу до якості біометану, оскільки відсутня достатня законодавча та нормативна база для його виробництва та використання. В Україні навіть немає стратегічних цілей уряду щодо біометану.

Отже, необхідно передбачити правові підстави для стимулювання виробництва та споживання біометану, тобто виробництва електроенергії з біометану, створення реєстру виробництва та споживання біометану та підтримки використання біометану як моторного палива для громадського транспорту та сільськогосподарської техніки.

Виробники електроенергії з біомаси або біогазу мають можливість брати участь в аукціонах з розподілу квот підтримки. Аукціон з розподілу квот підтримки – це спосіб визначення суб'єктів господарювання, які набувають право на державну підтримку у разі виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії.

Виробники електроенергії з біомаси або біогазу можуть брати участь в аукціонах добровільно. Водночас аукціони для сонячних електростанцій потужністю понад 1 МВт та вітрових електростанцій понад 5 МВт є обов'язковими. Аукціони повинні проводитися з 1

³⁰ Закон України «Про альтернативні джерела енергії». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.

липня 2019 року до 31 грудня 2029 року. На жаль, до цього часу ні один аукціон не був проведений.

Закон України «Про теплопостачання»³¹ (№ 2633-IV від 2 червня 2005 р.) регулює відносини, пов'язані з виробництвом, транспортуванням та постачанням теплової енергії. У 2017 році до Закону було внесено зміни та запроваджено **стимулюючий тариф** на теплову енергію, вироблену з біомаси. Органи місцевого самоврядування (муніципалітети) отримали повноваження (раніше належали НКРЕКП) встановлювати тарифи на теплову енергію з альтернативних джерел енергії, включаючи біомасу, а також публікувати та переглядати встановлені тарифи. Існуючий стимулюючий тариф на теплову енергію, вироблену з біомаси, не враховує різниці в потужностях установок на біомасі. В результаті, цей тариф є занадто низьким для невеликих установок на біомасі, що виробляють теплову енергію.

Закон України «Про альтернативні види палива»³² (№ 1391-XIV від 14 січня 2000 р.) – це рамковий закон, який визначає основні терміни біоенергетики, такі як «біомаса», «біопаливо», «біогаз», встановлює основні принципи державної політики у галузі альтернативних видів палива, особливості та види альтернативних видів палива. Закон перебуває на стадії внесення змін щодо запровадження обов'язкового використання рідкого біопалива (біокомпонентів) на транспорті.

Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною»³³ (№ 287-VIII від 7 квітня 2015 р.) визначає організаційні та правові засади діяльності, пов'язані з утворенням, збиранням, перевезенням, зберіганням, обробленням, переробкою, утилізацією, видаленням побічних продуктів тваринного походження, не призначених або визнаних непридатними для споживання людиною, продуктів переробки побічних продуктів тваринного походження, не призначених для споживання людиною. Фактично цей Закон поширює свою дію на порядок використання дигестату з біогазових установок. Відповідно до Закону, дигестат із гною може розглядатися як органічне добриво, а залишки, утворені в результаті перетворення побічних продуктів тваринного походження в біогаз або компост, можна продавати на ринку та використовувати як органічні добрива або поліпшувачі ґрунту.

Податковий кодекс України³⁴ (№ 2755-VI від 2 грудня 2010 р.). 1 січня 2019 року набрали чинності зміни до Податкового кодексу України щодо сплати податку на викиди CO₂. Зокрема, ставку податку на викиди CO₂ від стаціонарних джерел забруднення було збільшено з 0,41 грн. за тонну до 10 грн. за тонну, тобто відбулося її збільшення в 24 рази. Відповідно до Податкового кодексу України, установки на біомасі є платниками податку на викиди CO₂. Однак такий стан справи не відповідає світовій практиці, оскільки біомаса розглядається як CO₂-нейтральне паливо, оскільки при спалюванні біомаси утворюється стільки вуглекислого газу, скільки поглинається рослинами під час їх росту. У всіх країнах-членах ЄС податок на викиди CO₂ для біомаси не застосовується.

³¹ Закон України «Про теплопостачання». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15>

³² Закон України «Про альтернативні види палива». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>

³³ Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287-19>

³⁴ Податковий кодекс України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>

Слід зазначити, що сьогодні надходження від податку на викиди CO₂ спрямовуються до загального фонду державного бюджету і використовуються на загальні витрати без спеціальних цілей. Це не відповідає функції податку на CO₂, яка повинна бути спрямована на зменшення викидів CO₂. Таким чином, слід вдосконалити адміністрування податку на викиди CO₂ для підтримки проєктів, що забезпечують зменшення викидів CO₂.

5.9. Економічний вплив.

Практична реалізація Дорожньої карти розвитку біоенергетики матиме позитивний вплив на економіку країни. Він полягатиме у скороченні імпорту викопних палив, рості ВВП, розвитку місцевої економіки, створенні нових робочих місць та ін.

У відповідності до даних Дорожньої карти щодо споживання біопалив у 2050 році, можливе заощадження валютних коштів через скорочення імпорту в Україну природного газу і бензину/дизельного пального оцінюється у **2,31** млрд USD/рік та **0,77** млрд USD/рік, відповідно³⁵, що у сумі складає **3,08** млрд USD/рік.

Загальна кількість створених нових робочих місць може сягнути більше 162 тис. до 2050 року. Вони включають прямі робочі місця, пов'язані із обслуговуванням біоенергетичного обладнання, і непрямі, пов'язані зі збиранням і постачанням біомаси як палива.

Заміщення вугілля, мазуту, бензину та дизельного пального біопаливом в енергетичному секторі і на транспорті призводить до скорочення емісії в атмосферу шкідливих речовин, що має загальний позитивний вплив на здоров'я людей.

5.10. Резюме Дорожньої карти розвитку біоенергетики.

Узагальнені дані Дорожньої карти для реперних років представлено в **Таблиці 5.6**. Відповідно до прогнозів і оцінок Дорожньої карти, розвиток біоенергетики в Україні у період до 2050 року може призвести до:

- заміщення **19** млрд м³/рік природного газу і більше **1** млн т бензину та дизельного пального;
- скорочення емісії парникових газів на майже **47** млн т CO₂-екв./рік;
- створення більше **150** тис. робочих місць.

Найбільший внесок у зазначені показники робить сегмент твердої біомаси – заміщення 17,9 млрд м³/рік природного газу, скорочення 35 млн т CO₂/рік і створення більше 107 тис. робочих місць у 2050 році (**Табл. 5.7**). За рахунок виробництва і споживання біогазу/біометану буде додатково заміщено 1,14 млрд м³/рік природного газу і 0,41 млн т/рік бензину і дизельного пального (**Табл. 5.8-5.10**). Внесок сегменту рідких моторних біопалив у загальні показники Дорожньої карти у 2050 році полягає у заміщенні 0,83 млн т/рік бензину і дизельного пального, скороченні викидів парникових газів майже на 2 млн т CO₂/рік, створенні більше 8,5 тис. робочих місць (**Табл. 5.11**).

³⁵ Дані про обсяг та вартість природного газу, бензину та дизельного палива, що імпортувались в Україну у 2019 році, взяті зі Статистичного збірника «Зовнішня торгівля України», що видається Державною службою статистики України, 2020.

Таблиця 5.6. Узагальнені показники Дорожньої карти розвитку біоенергетики України до 2050 року.

| Рік | Встановлена потужність | | Споживання біопалива*, млн т н.е. | Заміщення природного газу, млрд м ³ | Зміщення бензину та дизельного пального, млн т | Скорочення викидів CO ₂ , млн т/рік | Інвестиції, млрд євро | | Створення робочих місць, од. |
|------|------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|--|--|-----------------------|-------|------------------------------|
| | МВт _т | МВт _{ел} | | | | | мін. | макс. | |
| 2020 | 8231 | 225 | 3,85 | 4,34 | 0,17 | 9,19 | 1,58 | 2,62 | 17342 |
| 2025 | 12385 | 918 | 6,09 | 6,39 | 0,26 | 14,35 | 4,32 | 7,0 | 33870 |
| 2030 | 19185 | 1886 | 9,13 | 9,19 | 0,43 | 21,20 | 8,08 | 13,1 | 57648 |
| 2035 | 29949 | 2618 | 12,74 | 12,66 | 0,60 | 29,37 | 12,04 | 19,5 | 87067 |
| 2040 | 38822 | 3265 | 16,10 | 15,72 | 0,82 | 36,91 | 15,87 | 25,6 | 115220 |
| 2045 | 44493 | 3740 | 18,73 | 17,71 | 1,11 | 42,62 | 19,02 | 30,7 | 136595 |
| 2050 | 48056 | 4091 | 20,70 | 19,00 | 1,24 | 46,71 | 21,35 | 34,5 | 150550 |

* Включаючи рідкі та газоподібні біопалива для транспорту.

Таблиця 5.7. Прогноз розвитку сектору біоенергетики до 2050 року в частині твердого біопалива.

| Рік | Встановлена потужність | | Споживання біопалива, млн т н.е. | Заміщення природного газу, млрд м ³ | Скорочення викидів CO ₂ , млн т/рік | Інвестиції, млрд євро | | Створення робочих місць, од. |
|------|------------------------|-------------------|----------------------------------|--|--|-----------------------|-------|------------------------------|
| | МВт _т | МВт _{ел} | | | | мін. | макс. | |
| 2020 | 8103 | 105 | 3,57 | 4,33 | 8,49 | 1,14 | 1,85 | 13334 |
| 2025 | 11955 | 552 | 5,18 | 6,29 | 12,32 | 2,74 | 4,39 | 23284 |
| 2030 | 18465 | 1295 | 7,36 | 8,94 | 17,53 | 5,24 | 8,39 | 39853 |
| 2035 | 29173 | 1908 | 10,06 | 12,22 | 23,95 | 7,90 | 12,64 | 64023 |
| 2040 | 37854 | 2421 | 12,40 | 15,06 | 29,51 | 10,28 | 16,41 | 85987 |
| 2045 | 43307 | 2738 | 13,85 | 16,82 | 32,97 | 11,75 | 18,75 | 99755 |
| 2050 | 46520 | 2940 | 14,71 | 17,86 | 35,01 | 12,63 | 20,15 | 107543 |

Таблиця 5.8. Прогноз розвитку сектору біоенергетики до 2050 року в частині біогазу.

| Рік | Встановлена потужність | | Споживання біопалива, млн т н.е. | Заміщення природного газу, млрд м ³ | Скорочення викидів CO ₂ , млн т/рік | Інвестиції, млрд євро | | Створення робочих місць, од. |
|------|------------------------|------------------|----------------------------------|--|--|-----------------------|-------|------------------------------|
| | МВт _{ел} | МВт _т | | | | мін. | макс. | |
| 2020 | 120 | 128 | 0,11 | 0,01 | 0,40 | 0,30 | 0,48 | 2 271 |
| 2025 | 317 | 340 | 0,31 | 0,04 | 1,15 | 0,79 | 1,27 | 6 021 |
| 2030 | 478 | 512 | 0,51 | 0,08 | 1,90 | 1,20 | 1,91 | 9 084 |
| 2035 | 530 | 568 | 0,71 | 0,12 | 2,63 | 1,32 | 2,12 | 10 068 |
| 2040 | 595 | 638 | 0,91 | 0,18 | 3,35 | 1,49 | 2,38 | 11 310 |
| 2045 | 681 | 729 | 1,10 | 0,23 | 4,05 | 1,70 | 2,72 | 12 932 |
| 2050 | 755 | 809 | 1,29 | 0,30 | 4,74 | 1,89 | 3,02 | 14 343 |

Таблиця 5.9. Прогноз розвитку сектору біоенергетики до 2050 року в частині біометану.

| Рік | Встановлена потужність | | Споживання біопалива, млн т н.е. | Заміщення природного газу, млрд м ³ | Скорочення викидів CO ₂ , млн т/рік | Інвестиції, млрд євро | | Створення робочих місць, од. |
|------|------------------------|------------------|----------------------------------|--|--|-----------------------|-------|------------------------------|
| | МВт _{ел} | МВт _т | | | | мін. | макс. | |
| 2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2025 | 49 | 90 | 0,08 | 0,05 | 0,31 | 0,12 | 0,20 | 936 |
| 2030 | 113 | 208 | 0,19 | 0,12 | 0,71 | 0,28 | 0,45 | 2 151 |
| 2035 | 180 | 208 | 0,31 | 0,20 | 1,13 | 0,45 | 0,72 | 3 419 |
| 2040 | 249 | 330 | 0,42 | 0,27 | 1,57 | 0,62 | 1,00 | 4 738 |
| 2045 | 321 | 457 | 0,55 | 0,35 | 2,02 | 0,80 | 1,29 | 6 108 |
| 2050 | 396 | 727 | 0,68 | 0,43 | 2,49 | 0,99 | 1,59 | 7 530 |

Таблиця 5.10. Прогноз розвитку сектору біоенергетики до 2050 року в частині газоподібного біопалива (біометану).

| Рік | Виробництво біопалива | | Заміщення моторних палив, у т.ч.: | | | Скорочення викидів CO ₂ , млн т/рік | Інвестиції, млрд євро | | Створення робочих місць, од. |
|------|-----------------------|------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------|--|-----------------------|-------|------------------------------|
| | млн т | млн т н.е. | Природний газ, млрд м ³ | Бензин, диз. пальне, млн т | Загалом, млн т н.е. | | мін. | макс. | |
| 2020 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2025 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 47 |
| 2030 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,24 | 0,03 | 0,05 | 241 |
| 2035 | 0,14 | 0,15 | 0,12 | 0,12 | 0,05 | 0,58 | 0,08 | 0,12 | 587 |
| 2040 | 0,25 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,11 | 1,07 | 0,14 | 0,23 | 1 084 |
| 2045 | 0,41 | 0,45 | 0,31 | 0,31 | 0,19 | 1,7 | 0,23 | 0,36 | 1 733 |
| 2050 | 0,59 | 0,65 | 0,41 | 0,41 | 0,32 | 2,49 | 0,33 | 0,53 | 2 533 |

Таблиця 5.11. Прогноз розвитку сектору біоенергетики до 2050 року в частині рідкого біопалива.

| Рік | Виробництво біопалива | | | | Зміщення бензину та дизельного пального | | Скорочення викидів CO ₂ , млн т/рік | Інвестиції, млрд євро | | Створення робочих місць, од. |
|------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|---|---|------------|--|-----------------------|-------|------------------------------|
| | Загалом, млн т | У т.ч. біопалива II покоління, млн т | Загалом, млн т н.е. | У т.ч. біопалива II покоління, млн т н.е. | млн т | млн т н.е. | | мін. | макс. | |
| 2020 | 0,27 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,29 | 145 | 286 | 1737 |
| 2025 | 0,39 | 0,04 | 0,26 | 0,03 | 0,25 | 0,26 | 0,52 | 257 | 496 | 2599 |
| 2030 | 0,58 | 0,11 | 0,39 | 0,08 | 0,38 | 0,39 | 0,82 | 447 | 851 | 3928 |
| 2035 | 0,70 | 0,20 | 0,50 | 0,15 | 0,48 | 0,50 | 1,08 | 640 | 1205 | 4965 |
| 2040 | 0,85 | 0,31 | 0,63 | 0,25 | 0,61 | 0,63 | 1,41 | 905 | 1687 | 6280 |
| 2045 | 1,09 | 0,49 | 0,82 | 0,39 | 0,80 | 0,82 | 1,88 | 1285 | 2382 | 8227 |
| 2050 | 1,12 | 0,53 | 0,85 | 0,43 | 0,83 | 0,85 | 1,98 | 1359 | 2516 | 8538 |

Оцінка обсягів заміщення природного газу в **Таблицях 5.8-5.9** враховує заміщення газу в результаті виробництва лише теплової енергії з біогазу та біометану.

Оцінка скорочення викидів CO₂ в **Таблицях 5.8-5.10** враховує одночасно уникнення викидів CO₂ при заміщенні викопних видів палив та мінеральних добрив, уникнення викидів з полігонів ТПВ при розміщенні на них відходів біологічного походження, уникнення викидів від систем поводження з продуктами життєдіяльності тварин, а також уникнення викидів від спалювання поживних решток. Для розрахунку прийнято питомий показник скорочення викидів CO₂ на 1 т н.е. первинної енергії виробленого біогазу з міксу різних джерел, оцінений при розрахунку світового потенціалу виробництва енергії біогазу³⁶. Так, при оціненому потенціалі виробництва біогазу 12065 ТВт·год (еквівалент 1037 млн т н.е.), потенціал скорочення викидів CO₂ склав 3825 млн т CO_{2екв}, а отже питомий показник скорочення складає 3,687 т CO_{2екв}/Т н.е.

5.11. Виробництво біометану та воднева енергетика.

Біометан разом з воднем є одним з двох основних видів відновлюваного газоподібного палива. Біометан - прямий аналог природного газу, під нього існує готова інфраструктура для транспортування і зберігання, в деяких країнах розвинений парк транспортних засобів для використання газоподібного палива. Біометан має більш високу густину, в тому числі і енергетичну порівняно з воднем (**Таблиця 5.12**).

Таблиця 5.12. Основні фізичні властивості біометану та водню.

| Параметр | Водень H ₂ | Біометан CH ₄ | Співвідношення H ₂ /CH ₄ |
|---|--------------------------|-----------------------------|---|
| Густина, кг/м ^{3*} | 0,0899 | 0,7168 | 8,0 |
| Нижча теплотворна здатність, МДж/кг* | 141 | 47,5 | 0,33 |
| Нижча теплотворна здатність, МДж/м ^{3*} | 12,5 | 33,2 | 2,65 |
| Нижча теплотворна здатність стиснутих газів, МДж/м ^{3**} | 725 | 2130 | 2,93 |
| Нижча теплотворна здатність надстиснутих газів, МДж/м ^{3***} | ≈ 8000 (газ-рідина) | ≈ 22 000 (рідина) | ≈ 2,75 |
| Теплотворна здатність суміші 20%vol. H ₂ + 80%vol. CH ₄ , МДж/м ^{3***} | 29,1 | | - |

* Нормальні умови (0 °С, 1 бар).

** Умови у магістральному трубопроводі природного газу (0 °С, 60 бар).

*** Умови практичного транспортування водню (-196 °С, 300 бар).

Крім того, існує ціла низка палив, які можна отримати з водню із застосуванням надлишкової енергії відновлюваних джерел і які об'єднуються спільною назвою Power-to-

³⁶ Global Potential of Biogas / World Biogas Association, 2019 (<https://www.worldbiogasassociation.org/global-potential-of-biogas/>)

X (PtX). Це синтетичні метан, метанол, газ і навіть синтетичний бензин, дизельне паливо та інші.

Таким чином, до переваг водню можна віднести практично необмежений сировинний ресурс, можливість конвертації в інші види відновлюваного палива, можливість декарбонізації в секторах з низькою здатністю до електрифікації. Однак у водню є ряд значних недоліків. Це високі енергетичні витрати на його виробництво, невисока енергетична щільність порівняно з біометаном, відсутність інфраструктури для транспортування в нерозбавленому стані, труднощі із зберіганням через високу проникаючу здатність, широкі межі вибуховості, необхідність виготовлення спеціальних водневих двигунів для автомобілів і електростанцій.

В енергетичних системах з великою часткою відновлюваних джерел енергії надлишки електроенергії можуть використовуватися для виробництва водню за допомогою електролізу води з подальшим виробництвом метану з водню і вуглекислого газу (реакція Сабатьє). В цьому випадку джерелом вуглекислого газу може бути процес збагачення біогазу до якості біометану (Рис. 5.22).

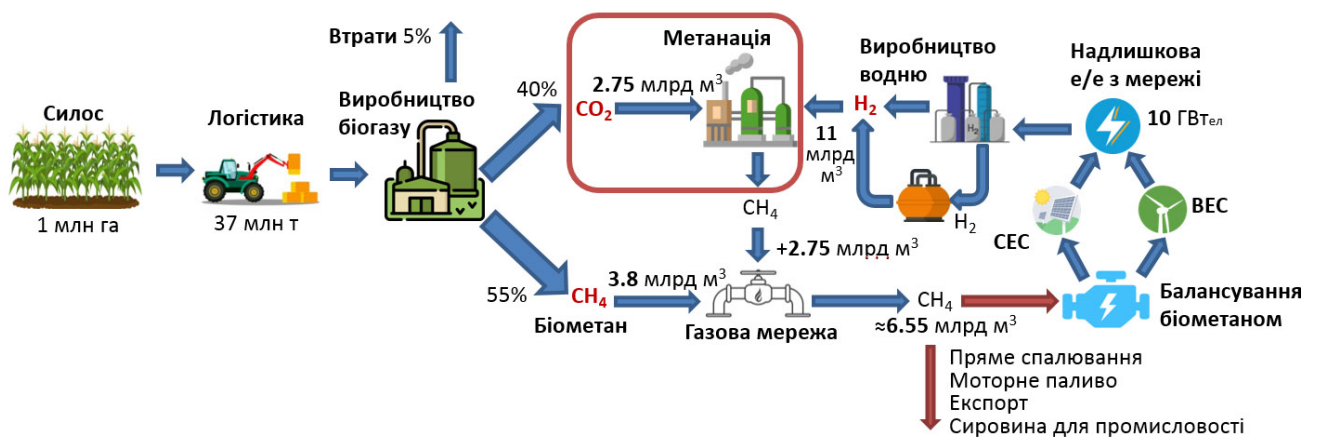


Рис. 5.22. Можлива концепція перетворення «зеленого» водню у біометан.

Тобто шляхом об'єднання виробництва біогазу з виробництвом водню за допомогою електролізу (процес Power-to-Gas або P2G) можна отримати додаткові вигоди від зменшення викидів вуглецю, оскільки CO₂, який залишається після збагачення біогазу, може бути використаний у процесі метанації водню. Таким чином можна значно підвищити загальну ефективність обох процесів, а також кількість виробленого біометану. Слід відзначити, що ця кількість біометану є додатковою до показників, що може бути отримано за допомогою анаеробного зброджування та наведено у Таблицях 5.9 та 5.10.

Результати моделювання компанії Wärtsilä Energy³⁷ визначають синтетичний метан як економічно більш доцільний з-поміж різних доступних технологій відновлюваного газу. Представники компанії відзначають, що «його вже зараз можна використовувати для більшості наявних газових потужностей, а завдяки більшій щільності він має і кращий паливний ККД (що є одним з основних показників для роботи енергетичних установок), а

³⁷ Саара Куяла. На порозі безвуглецевого майбутнього: чи є конкуренти в «зеленого» водню. <https://mind.ua/>

отже, для однакового результату достатньо меншого обсягу метану». За думкою компанії є три основні чинники, від яких залежить економічна доцільність палива PtX:

- доступність відновлюваної електроенергії за низькими цінами;
- швидке зниження витрат на обладнання для виробничих процесів (наразі потрібні великі державні субсидії);
- формування попиту на синтетичні палива регуляторними методами – перш за все, зобов'язання щодо використання відновлюваних палив та збільшення цін на викопне паливо шляхом оподаткування й вищі ціни на викиди CO₂, щоб скоротити різницю у вартості викопного та синтетичного палива.

Очікується, що використання біометану і водню буде розвиватися паралельно. За оцінками Gas for Climate Consortium³⁸, можлива реалізація сценарію повного заміщення природного газу у 2050 році біометаном та воднем у Європі. При цьому внесок біометану буде переважати у виробництві тепла в будинках та на транспорті в якості моторного палива. Зальний потенціал виробництва біометану в ЄС складатиме 1170 ТВт·год. Значення водню буде більше в промисловості та виробництві електроенергії. Зальний потенціал виробництва водню в ЄС складатиме 1710 ТВт·год.

6. План дій до 2025 року по розвитку біоенергетики в Україні.

План дій до 2025 року по розвитку біоенергетики в Україні передбачає детальний перелік заходів, спрямованих на розробку або внесення змін до законодавства України до 2025 року (Таблиця 6.1). Ці дії необхідні для забезпечення впровадження Дорожньої карти розвитку біоенергетики України до 2050 року.

³⁸ Gas Decarbonisation Pathways 2020-2050, April 2020, Gas for Climate Consortium
https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/2020-gas-decarbonisation-pathways-study/

Таблиця 6.1. План дій до 2025 року щодо розвитку біоенергетики в Україні.

| Найменування заходу | Відповідальні за виконання | Строк виконання | Індикатор виконання | Очікувані результати |
|---|-------------------------------------|------------------------|---|--|
| <i>Розвиток виробництва біометану</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про внесення змін до Закону України «Про альтернативні джерела енергії» щодо розвитку виробництва біометану. | Держенергоефективності Міненерго | IV квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Поява об'єктів, що здійснюють виробництво біометану. |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Порядку функціонування Реєстру виробництва та споживання біометану. | Держенергоефективності Міненерго | II квартал 2022 р. | Прийнято Постанову Кабінету Міністрів України | Початок роботи Реєстру виробництва та споживання біометану. |
| <i>Розвиток торгівлі твердим біопаливом</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо розвитку торгівлі твердими біологічними видами палива. | Держенергоефективності Міненерго | III квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України. | Впровадження системи електронної торгівлі твердим біопаливом за допомогою електронних аукціонів. |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Правил здійснення | Держенергоефективності Міненерго | I квартал 2022 р. | Прийнято Постанову Кабінету Міністрів України | Встановлення порядку здійснення електронної |

| | | | | |
|---|---|-----------------------|--|--|
| електронної торгівлі твердим біопаливом. | | | | торгівлі твердим біопаливом |
| Розроблення проєкту Порядку проведення конкурсного відбору оператора системи електронної торгівлі твердим біопаливом. | Держенергоефективності Міненерго | I квартал 2022 р. | Прийнято наказ Міненерго | Проведення відбору оператора системи електронної торгівлі твердим біопаливом |
| Розроблення проєкту Методики формування граничних цін на послуги оператора системи електронної торгівлі твердим біопаливом. | Мінекономіки Держенергоефективності Міненерго | I квартал 2022 р. | Прийнято наказ Мінекономіки | Затвердження граничних цін на послуги оператора системи електронної торгівлі твердим біопаливом |
| Розроблення проєкту Порядку розгляду та форм звітів, що подаються оператором та учасниками системи електронної торгівлі твердим біопаливом. | Держенергоефективності Міненерго | I квартал 2022 р. | Прийнято наказ Міненерго | Запровадження розгляду та форм звітів, що подаються оператором та учасниками системи електронної торгівлі твердим біопаливом |
| Розроблення вимог до якості твердого біопалива, торгівля яким здійснюється у системі електронної торгівлі твердим біопаливом. | Держенергоефективності Міненерго | I квартал 2022 р. | Прийнято наказ Міненерго | Забезпечення якості біомаси під час торгівлі у системі електронної торгівлі твердим біопаливом. |
| <i>Покращення оподаткування та адміністрування податку за викиди двоокису вуглецю</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проєкту Закону України про внесення змін до Податкового | Держенергоефективності Міненерго Мінфін | IV квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Звільнення від сплати податку за викиди двоокису вуглецю |

| | | | | |
|--|--|------------------------|---|---|
| кодексу України щодо звільнення від сплати податку за викиди двоокису вуглецю установок, що спалюють біопаливо. | | | | установок, що спалюють біопаливо. |
| Прийняття проекту Закону України про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо запровадження державного фонду декарбонізації (№ 4347 від 09.11.2020). | Верховна Рада України Держенергоефективності Міненерго | IV квартал 2020 р. | Проект Закону прийнято Верховною Радою України | Створення фонду декарбонізації. |
| Розроблення Порядку використання коштів державного фонду декарбонізації та порядку моніторингу впливу проектів (заходів) державного фонду декарбонізації на скорочення викидів двоокису вуглецю. | Держенергоефективності Міненерго | I квартал 2021 р. | Прийнято Постанову Кабінету Міністрів України | Використання коштів державного фонду декарбонізації. |
| <i>Підтримка виробників біомаси і біопалива</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України «Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законодавчих актів України щодо сприяння розвитку сфери вирощування енергетичних рослин» | Держенергоефективності Міненерго | III квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Запровадження законодавчих основ підтримки вирощування енергетичних рослин. Спрощення оренди державних та комунальних земель з метою вирощування енергетичних рослин. |

| | | | | |
|---|---|-----------------------|--|---|
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті, для підтримки вирощування енергетичних рослин. | Держенергоефективності Міненерго Мінекономіки | I квартал 2022 р. | Прийнято Постанову Кабінету Міністрів України | Розподіл коштів, передбачених у державному бюджеті, на підтримку вирощування енергетичних рослин. |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України змін до порядків використання коштів, передбачених у державному бюджеті, для надання підтримки сільськогосподарським виробникам та фермерам у разі виробництва ними біомаси і біопалива та впровадження біоенергетичних проєктів. | Мінекономіки Держенергоефективності Міненерго | IV квартал 2021 р. | Прийнято Постанову Кабінету Міністрів України | Надання державної підтримки сільськогосподарським виробникам та фермерам у разі виробництва біомаси і біопалива та впровадження біоенергетичних проєктів. |
| <i>Розвиток виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України законопроєкту про надання права виробникам електричної енергії з АДЕ, в т.ч. з біомаси та біогазу, виходити з балансуєючої групи гарантованого покупця та вільно продавати електричну енергію на ринку з можливістю отримання компенсації у вигляді різниці між | Міненерго | IV квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Сприяння розв'язанню проблеми оплати за електричну енергію, вироблену з альтернативних джерел енергії. |

| | | | | |
|--|--|-----------------------|--|--|
| встановленим «зеленим» тарифом або аукціонною ціною та ринковою ціною. | | | | |
| <i>Розвиток виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про внесення змін до Закону України «Про теплопостачання» щодо вдосконалення механізму формування та встановлення тарифів на теплову енергію, у тому числі вироблену з використанням з альтернативних джерел енергії. | Мінрегіон Держенергоефективності Міненерго | IV квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Вдосконалення механізму формування та встановлення тарифів на теплову енергію, вироблену з АДЕ, шляхом надання можливості обрання порядку встановлення тарифів та продажу теплової енергії теплопостачальним організаціям. |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про внесення змін до Закону України «Про теплопостачання» та інших законодавчих актів щодо впровадження конкуренції в системах централізованого теплопостачання | Міненерго Держенергоефективності Мінрегіон | IV квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Запровадження конкурентного ринку теплової енергії. |
| Розроблення проекту Порядку приєднання теплогенеруючих організацій до теплових мереж та розрахунку плати за приєднання | НКРЕКП Мінрегіон Міненерго Держенергоефективності | II квартал 2022 р. | Прийнято Постанову НКРЕКП | Забезпечення недискримінаційного доступу до теплових мереж. |

| | | | | |
|--|--|-----------------------|------------------------------|---|
| теплогенеруючих організацій до теплових мереж. | | | | |
| Розроблення проекту Процедури проведення торгів на закупівлю теплової енергії та типового договору купівлі-продажу теплової енергії в конкурентній системі централізованого теплопостачання. | НКРЕКП Мінрегіон Міненерго Держенергоефективності | II квартал 2022 р. | Прийнято Постанову НКРЕКП | Запровадження торгів із закупівлі теплової енергії у незалежних виробників теплової енергії. |
| Розроблення проекту Методики формування граничних тарифів на виробництво теплової енергії операторів в конкурентних системах централізованого теплопостачання. | НКРЕКП Мінрегіон Міненерго Держенергоефективності | II квартал 2022 р. | Прийнято Постанову НКРЕКП | Встановлення граничних тарифів на виробництво теплової енергії операторів в конкурентних системах централізованого теплопостачання |
| Розроблення проекту Методики формування тарифів на теплову енергію теплопостачальних організацій, що одночасно є операторами в конкурентних системах централізованого теплопостачання | НКРЕКП Мінрегіон Міненерго Держенергоефективності | II квартал 2022 р. | Прийнято Постанову НКРЕКП | Встановлення тарифів на теплову енергію теплопостачальних організацій, що одночасно є операторами в конкурентних системах централізованого теплопостачання. |
| Розроблення проекту Порядку здійснення балансування, диспетчерського управління, забезпечення резервування теплогенеруючих установок та | НКРЕКП Мінрегіон Міненерго Держенергоефективності | II квартал 2022 р. | Прийнято Постанову НКРЕКП | Забезпечення балансування, диспетчерського управління та резервування в конкурентних системах |

| | | | | |
|---|--|-----------------------|--|--|
| розрахунку плати за резервування теплогенеруючих установок в конкурентній системі централізованого теплопостачання | | | | централізованого теплопостачання |
| <i>Розвиток виробництва та споживання біопалива у галузі транспорту</i> | | | | |
| Прийняття Проекту Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обов'язковості використання рідкого біопалива (біокомпонентів) у галузі транспорту» (№ 3356 від 17.04.2020). | Верховна Рада України Держенергоефективності Міненерго | II квартал 2021 р. | Проект Закону прийнято Верховною Радою України | Збільшення обсягів використання рідкого біопалива у галузі транспорту, запровадження критеріїв сталості для рідкого біопалива. |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо підтримки використання біометану як моторного палива, в т.ч. для громадського транспорту та сільськогосподарської техніки. | Держенергоефективності Міненерго | IV квартал 2022 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Запровадження використання біометану як моторного палива, в т.ч. для громадського транспорту та сільськогосподарської техніки. |
| <i>Сприяння використанню дигестату з біогазових установок на ринку</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про | Мінекономіки Міненерго | IV квартал 2021 р. | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів | Збільшення обсягів використання дигестату з |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| внесення змін до Закону України «Про пестициди та агрохімікати» з метою забезпечення використання дигестату з біогазових установок на ринку. | | | України до Верховної Ради України | біогазових установок як органічного добрива. |
| Розроблення державного стандарту України на дигестат при використанні його як органічного добрива чи покращувача ґрунту | Мінекономіки ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») | IV квартал 2022 р. | Прийнято та надано чинності наказом Мінекономіки | Врегулювання нормативних вимог до дигестату біогазових установок при використанні його як органічного добрива чи покращувача ґрунту. Підвищення довіри серед споживачів до якості дигестату. |
| Адаптування Регламенту ЄС (EU) 2019/1009 в українське законодавство шляхом розробки на його основі нового Закону України щодо правил доступу на ринок удобрювальних продуктів | Мінекономіки | Після прийняття Україною зобов'язання імплементувати Регламент ЄС (EU) 2019/1009 | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Врегулювання нормативних вимог при виробництві та продажу на ринку удобрювальних продуктів з дигестату біогазових установок |
| <i>Запровадження критеріїв сталості для твердого біопалива</i> | | | | |
| Розроблення та подання Кабінетові Міністрів України проекту Закону України про внесення змін до Закону України | Держенергоефективності Міненерго | Після прийняття Україною зобов'язання | Схвалено та подано Кабінетом Міністрів України до Верховної Ради України | Застосування критеріїв сталості до твердого біопалива. |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| «Про альтернативні види палива» щодо запровадження критеріїв сталості для твердого біопалива. | | імплементува- ти Директиву Європейського Парламенту та Ради 2018/2001/ ЄС | | |
|---|--|--|--|--|

Перелік скорочень

АДЕ – альтернативні джерела енергії

АЕС – атомна електростанція

АПК – агропромисловий комплекс

БП – біопалива

ВВП – валовий внутрішній продукт

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ЗППЕ – загальне постачання первинної енергії

ККД – коефіцієнт корисної дії

МБО – механіко-біологічна обробка

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

НПДВЕ – Національний план дій з відновлюваної енергетики України

ОВБСН – обрізка та викорчовування багаторічних сільськогосподарських насаджень

ПП – побічна продукція

ТЕС – теплова електростанція

ТЕЦ – теплоелектроцентраль

ТПВ – тверді побутові відходи

ЦТ – централізоване тепlopостачання

ORC – органічний цикл Ренкіна

RED – Директива з відновлюваної енергетики (Renewable Energy Directive)

УАВІО – Біоенергетична асоціація України

e/e – електроенергія

н.е. – нафтовий еквівалент

с/г – сільське господарство