

#### **4.3 Forecast scenarios of coal supply to the Ukrainian economy**

Декарбонізація економіки і її перехід на шлях низьковуглецевого розвитку є важливою складовою державної політики. У грудні 2015 р. була прийнята нова глобальна кліматична Паризька Угода [122] до Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату щодо зменшення викидів парникових газів (ПГ) в атмосферу. Верховна Рада України ратифікувала Паризьку Угоду у липні 2016 р., що накладає на Україну нові зобов'язання зі скорочення викидів ПГ і впливає на економіку країни і особливо на розвиток її енергетичного сектора, як основного джерела викидів парникових газів. У листопаді 2018 р. Європейська Комісія представила довгострокову концепцію переходу ЄС до кліматично нейтрального розвитку до 2050 р. «Європейська Зелена Угода» [123], що істотно пришвидшило енергетичні трансформації у країнах ЄС.

Враховуючи євроінтеграційні наміри України, в останній час на державному рівні прийнято ряд документів, спрямованих на посилення кліматичних цілей і розробку заходів для їх досягнення. У березні 2021 р. Кабінет Міністрів України затвердив Національну економічну стратегію на період до 2030 р. [124], в якій визначено заходи щодо декарбонізації різних галузей економіки на найближче десятиліття і вперше офіційно визначено довгострокову мету країни – досягнення кліматичної нейтральності до 2060 р. Однією зі стратегічних цілей в галузі енергетики є підвищення енергоефективності економіки та забезпечення екологічності енергетичного сектору шляхом досягнення чистої генерації енергії.

У липні 2021 р. Кабінет Міністрів України схвалив Оновлений національно визначений внесок до Паризької Угоди (НВВ2) [125], в якому нова кліматична ціль України передбачає скорочення викидів ПГ до 2030р. до рівня 35% порівняно з 1990р.

Показники секторальних викидів парникових газів у 2030 р. згідно Оновленого НВВ і їх порівняння з показниками базового 1990 р. згідно з

Національним кадастром антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990-2019 рр. [126] представлені у табл. 1.

**Таблиця 1**

Викиди ПГ у секторах економіки у базовому 1990 р. і у 2030 р. згідно НВВ2

| Сектори економіки           | Викиди парникових газів, млн тон CO <sub>2</sub> -екв. |         |                        |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|---------|------------------------|
|                             | 1990 р.                                                | 2030 р. | 2030 р. у % до 1990 р. |
| Виробництво енергії і тепла | 272,7                                                  | 68,1    | 25,0                   |
| Будівлі                     | 102,0                                                  | 19,8    | 19,4                   |
| Транспорт                   | 111,8                                                  | 40,2    | 36,0                   |
| Постачання енергоресурсів   | 127,5                                                  | 40,0    | 31,4                   |
| Промисловість               | 229,2                                                  | 89,5    | 39,0                   |
| Сільське господарство       | 86,8                                                   | 44,5    | 51,2                   |
| Відходи                     | 12,4                                                   | 11,6    | 93,5                   |

Аналіз табл. 1 показує, що низьковуглецевий розвиток економіки безпосередньо залежить від декарбонізації енергетичної галузі, скорочення викидів ПГ під час видобутку, обробки, транспортуванні та зберіганні викопного палива і термомодернізації будівель. НВВ2 прогнозує заміну старих вугільних ТЕС відновлювальними джерелами енергії. Відповідно до результатів моделювання сценарій «НВВ2» передбачає у 2030 р. в структурі виробництва електроенергії 90 ТВт·год ядерної генерації, близько 60 ТВт·год генерації ВДЕ, 25 ТВт·год генерації вугільних ТЕС і решту за рахунок газової генерації і промислових виробників. Для цього виробництво електроенергії з ВДЕ повинно значно збільшитись у найближче десятиліття. Відповідно до Національної економічної стратегії України [124], частка ВДЕ у загальному виробництві електроенергії має зрости до 25% до 2030 року. Таким чином у 2030 році можна досягти рівня близько 80% безвуглецевої генерації електроенергії (АЕС, ВДЕ, ГЕС та ГАЕС).

У липні 2022 р. українським урядом був представлений План відновлення України [127] (ПВУ), що відображає основні напрями відновлення зруйнованої внаслідок російської агресії економіки у найближчі 10 років на принципах зеленого енергетичного переходу.

Третя довгострокова частина ПБУ розрахована на 2024 – 2032 рр., потребує 114 млрд доларів США і передбачає розвиток без вуглецевої енергетики (ядерної і ВДЕ), збільшення виробництва газу та біопалива, формування і розвиток водневої енергетики. Її реалізація потребує виконання наступних проектів:

- будівництво 5-10 ГВт ВДЕ;
- будівництво 3,5 ГВт нових ГЕС та ГАЕС;
- підвищення потужності атомної генерації;
- будівництво 1,5–2 ГВт високо-маневрених пікових потужностей на заміну вугільної генерації та 0,7-1 ГВт систем накопичування енергії;
- будівництво близько 15 ГВт електролізерів;
- будівництво понад 30 ГВт ВДЕ для виробництва водню.

План відновлення України є продовженням концепції низьковуглецевої економіки закладеної у Національній економічній стратегії на період до 2030 р., що визначає орієнтири, принципи та цінності в економічній політиці для інноваційного економічного зростання, серед яких важливе місце займає декарбонізація економіки і її енергетичного сектора. Серед стратегічних цілей для напрямку «Енергетика» разом з високим рівнем безпеки та інтеграцією в європейський ринок, модернізацією енергосистеми, значна увага приділяється підвищенню енергоефективності економіки та чистій генерації енергії, що передбачає [124]:

- зменшення вуглецевого сліду паливно-енергетичного комплексу;
- залучення 10 млрд. доларів США інвестицій у розвиток ВДЕ;
- скорочення вугільної генерації енергії;
- формування частки генерації з відновлювальних джерел енергії у загальному виробництві електроенергії на рівні 25 відсотків;
- збільшення утилізації відходів паливно-енергетичного комплексу.

Споживання електроенергії в Україні у 2022 р. скоротилося на 31,5% порівняно з 2021 р., зокрема промисловістю – на 45%, а населенням – на 16%.

При цьому виникли значні зміни у структурі споживання електроенергії – частка промисловості скоротилася в порівнянні з 2021 р. з 42% до 33%.

Падіння споживання електроенергії в промислових галузях становило: металургійна промисловість – 52%; хімічна та нафтохімічна промисловість – 60%; виробництво будівельних матеріалів – 47%; машинобудування – 38%; харчова та переробна промисловість – 24%; паливна промисловість – 24% [128].

Загальне виробництво електроенергії в Україні за 2022 р. скоротилося на 27,5% в порівнянні з 2021 р. Виробництво електроенергії на АЕС впало на 28%, на ТЕС – на 35%, на ТЕЦ – на 32%, а генерація відновлюваними джерелами енергії знизилася на 36%. При цьому ГЕС збільшили своє виробництво на 6,5%, а ГАЕС відпрацювали на рівні 2021 р.

Через російське вторгнення Україна втратила близько 10 ГВт потужностей різних видів генерації. Крім того, на сьогодні близько 75% ВЕС та до 15% СЕС розташовані на окупованих територіях.

У квітні 2023 р. Кабінет Міністрів України схвалив Енергетичну стратегію України до 2050 р. [129]. Документ відображає цілі Європейського зеленого курсу та базується на принципах комплексного підходу до формування та реалізації політики у сфері енергетики, створення умов для сталого розвитку економіки України і передбачає досягнення Україною вуглецевої нейтральності енергетичного сектору до 2050 року. У Стратегії враховані:

- наслідки російської агресії проти України, посилення ролі енергетичної безпеки та зміцнення стійкості енергосистеми;
- результати приєднання ОЕС України до європейської мережі операторів системи передачі електроенергії (ENTSO-E) та поглиблення інтеграції енергетичної системи України в загальноєвропейську;
- наявність новітніх технологій (зокрема виробництво та використання водню в енергетичних цілях, малі модульні ядерні реактори, установки зберігання енергії тощо), технічні зміни в енергетичному секторі, світові тренди та інноваційні рішення, вимоги до екологічної безпеки згідно з нормами ЄС та прийнятим зобов'язанням України;

- міжнародні зобов'язання України щодо енергоефективності, використання ВДЕ та зменшення викидів парникових газів;

- децентралізація генерації електроенергії по всій території країни для поліпшення стійкості та надійності енергозабезпечення.

На виконання європейських екологічних нормативів для теплової енергетики спрямовано Національний план скорочення викидів, який передбачає впровадження масштабних і дорогих заходів із модернізації обладнання виробництв і будівництва установок з очищення димових газів від викидів забруднюючих речовин. Невизначеність джерел фінансування для впровадження цих заходів та брак інвестицій на протязі останніх років гальмують реалізацію плану. В умовах повномасштабної російської агресії проти України, коли енергосистема знаходиться в критичному стані, НПСВ призупинено. Але у повоєнному відновленні і розвитку енергетичного сектору європейські екологічні норми знову будуть на часі і потребуватимуть виконання.

Прогнозування відновлення і розвитку енергосистеми України до 2033 року передбачає різні сценарії трансформації структури генеруючих потужностей в залежності від можливостей скорочення вугільної генерації, темпів впровадження ВДЕ і майбутнього стану атомної енергетики. В дослідженні аналітичного центру «Dixi Group» [130] розглядається 3 можливих сценарії реалізації державної політики щодо зменшення, запобігання та контролю промислового забруднення, прогнозування потенційного впливу їх реалізації на енергетичний сектор та соціально-економічний розвиток країни в цілому – консервативний, базовий та оптимістичний. Сценарії відрізняються можливими варіантами впровадження політики у сфері промислового забруднення відповідно до Директиви 2010/75/ЄС.

Враховуючи це, для апробації розробленої математичної моделі та програмно-інформаційного комплексу, запропоновано два сценарії споживання вугілля підприємствами теплової енергетики (табл. 2).

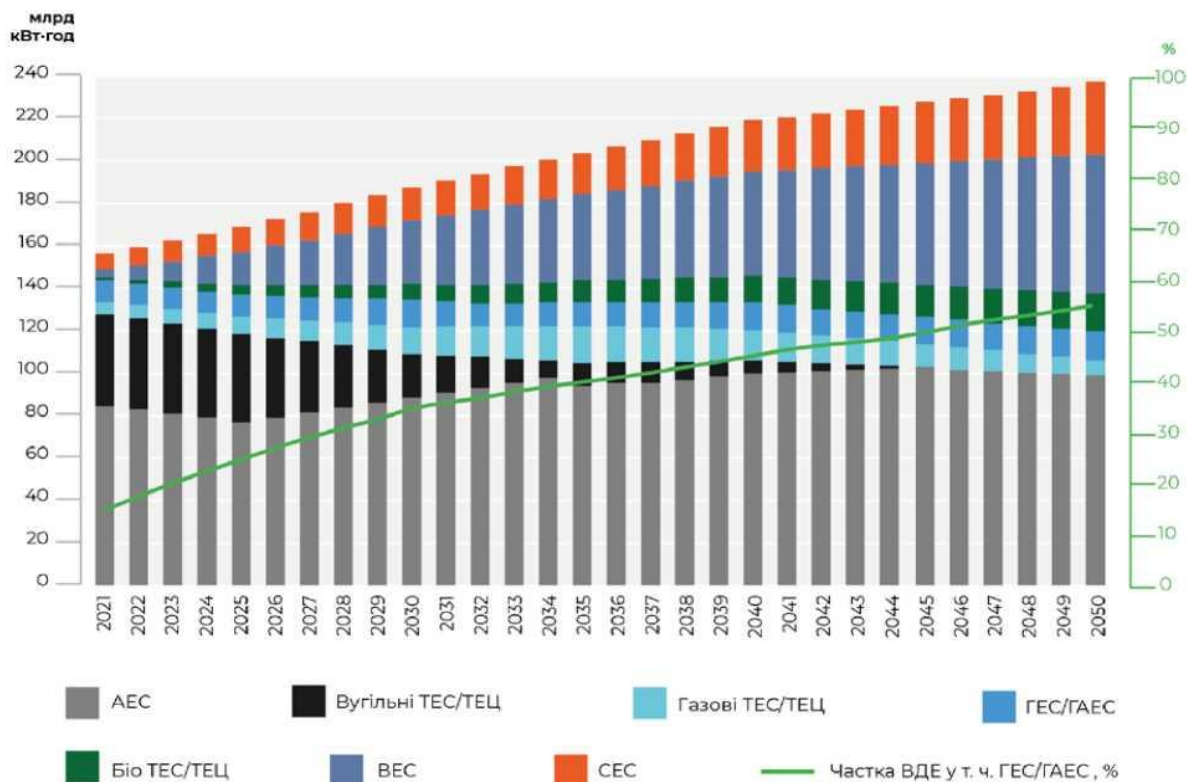
**Таблиця 2**

Прогноз виробництва електроенергії на ТЕС (ТЕЦ) та споживання вугільної продукції до 2040 р.

| Сценарій                        | 2025 р.        | 2030 р.       | 2035 р.       | 2040 р.       |
|---------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Оптимістичний сценарій</b>   |                |               |               |               |
| Вугільні ТЕС/ ТЕЦ, млрд кВт-год | 21,7           | 6,4           | 0             | 0             |
| <b>Витрати вугілля, тис. т</b>  | <b>11913,3</b> | <b>3513,6</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      |
| <b>Базовий сценарій</b>         |                |               |               |               |
| Вугільні ТЕС/ ТЕЦ, млрд кВт-год | 22,2           | 15,0          | 10,9          | 5,9           |
| <b>Витрати вугілля, тис. т</b>  | <b>12187,8</b> | <b>8235,0</b> | <b>5984,1</b> | <b>3239,1</b> |

В основу оптимістичного сценарію покладено «Енергетичну стратегію України на період до 2050 року» [129], в якій передбачається поступова відмова від використання вугілля до 2035 р.. За цим сценарієм теплова енергетика потребуватиме від 11,9 млн т вугільної продукції у 2025 р. до 3,5 млн т у 2030 р. З 2033 р. використання вугілля повністю припиняється.

В основу базового сценарію покладено оптимістичний сценарій, наведений у [130], в якому передбачається виконання реформи промислового забруднення в повному обсязі та в заявлені терміни для досягнення екологічних та кліматичних цілей синхронізованих з Європейським зеленим курсом. Згідно з цим сценарієм, на частині вугільних ТЕС після закінчення війни будуть встановлені сучасні пилогазоочисні системи відповідно до НПСВ з терміном експлуатації до 15 років. Такі ТЕС будуть використовуватися в якості маневрених балансуючих потужностей. Інша частина вугільних ТЕС та ТЕЦ буду замінена на відновлювані джерела генерації зі зростанням їх частки в загальному балансі до 40% у 2035 р. і до 55% у 2050 р. Після 2045 р. планується повна відмова від вугільних ТЕС і їх вивід з експлуатації (рис. 1). За цим сценарієм теплова енергетика потребуватиме від 12,2 млн т вугільної продукції у 2025 р. до 3,2 млн т у 2040 р.



**Рисунок 1.** Структура виробництва електроенергії в Україні до 2050 р. за оптимістичним сценарієм [130].

В найближчій перспективі вугілля залишається ключовим видом палива для забезпечення електричної генерації з ТЕС та частково електро- і тепlopостачання від ТЕЦ. З широким впровадженням відновлюваних джерел енергії вугільна генерація буде скорочуватись до повної ліквідації у 2040-2050 рр. Підприємства чорної металургії будуть залишатися лідерами у споживанні вугілля промисловістю, зокрема у виробництві коксу. Значну частку вугілля споживають підприємства цементної промисловості. Заміщення вугілля, що спалюють у котельнях на інші види палива, впровадження відновлюваних джерел енергії та теплонасосних установок дозволить скоротити обсяги споживання вугілля у сільському господарстві та промисловості.

В табл. 3 представлено варіант балансу вугільної продукції в економіці України до 2040 р. за базовим сценарієм розвитку енергетики, наведеним вище. В його основі лежить, розроблений ІЗЕ НАН України у 2021 р., прогноз

споживання вугільної продукції при структурних змінах в економіці України до 2040 р. [131, 132], який було скориговано з урахуванням реалій сьогодення.

**Таблиця 3**

Баланс вугільної продукції в економіці України до 2040 р. (базовий сценарій),

тис. т

| Показники                                | 2025         | 2030         | 2035         | 2040         |
|------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Споживання вугілля</b>                | <b>22692</b> | <b>20010</b> | <b>18694</b> | <b>16943</b> |
| У т.ч за марками: Г <sub>Е</sub> (Г, ДГ) | 14503        | 11038        | 9126         | 6771         |
| Г <sub>К</sub> (Г)                       | 2205         | 2461         | 2639         | 2842         |
| А (А, П)                                 | 840          | 770          | 770          | 700          |
| К (Ж, К)                                 | 4777         | 5332         | 5719         | 6157         |
| ПС                                       | 367          | 410          | 440          | 474          |
| <b>Вітчизняна вугільна продукція</b>     | <b>19504</b> | <b>16616</b> | <b>14841</b> | <b>11646</b> |
| У т.ч за марками: Г <sub>Е</sub> (Г, ДГ) | 14503        | 11038        | 9126         | 6771         |
| Г <sub>К</sub> (Г)                       | 224          | 246          | 272          | 272          |
| К (Ж, К)                                 | 4777         | 5332         | 5443         | 4603         |
| <b>Імпорт вугільної продукції</b>        | <b>3188</b>  | <b>3394</b>  | <b>3853</b>  | <b>5297</b>  |
| У т.ч за марками: Г <sub>К</sub> (Г)     | 1981         | 2215         | 2367         | 2570         |
| А (А, П)                                 | 840          | 770          | 770          | 700          |
| К (Ж, К)                                 | 0            | 0            | 276          | 1554         |
| ПС                                       | 367          | 410          | 440          | 474          |

У наведеному прогнозі споживання вугільної продукції в Україні враховано скорочення споживання вугілля (внаслідок руйнації підприємств): в металургії на 40%; у добувній і переробній промисловості на 30%; у сільському господарстві, транспорті, інших ВЕД та населенням на 20%. В результаті обсяги споживання вугільної продукції у 2025 р. передбачаються на рівні 22,7 млн т з поступовим скороченням у 2040 р. до 16,9 млн т.

Обсяги видобутку не забезпечать економіку країни якісною вугільною продукцією. Тому у 2025-2040 рр. необхідно буде імпортувати вугілля у обсягах 3,2-5,3 млн т. Для економіки України, крім антрациту та коксівного вугілля марки ПС (які на контрольованій частині України не видобувають), постійно не вистачатиме вугільної продукції марки Г для вироблення коксу у обсягах 2-2,6 млн т, а також з 2035 р. – коксівного вугілля марок Ж і К у обсягах 0,3-1,5 млн т.