

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy, 2021, 1(64): 60–67  
doi: <https://doi.org/10.15407/pge2021.01.060>

УДК 620.91:504.06

**О.Є. МАЛЯРЕНКО**, канд. техн. наук, ст. наук. співр., ORCID: 0000-0001-5882-916X

**Н.Ю. МАЙСТРЕНКО**, канд. техн. наук, ORCID: 0000-0002-1757-1665

**Г.Г. ПАНЧЕНКО**, канд. техн. наук, ст. наук. співр. ORCID: 0000-0002-7234-4078

Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна

## ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ВУГІЛЛЯ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ

*У статті представлено передумови прогнозів економічного розвитку України на період до 2040 р. за консервативним сценарієм, проаналізовано напрями сучасного та перспективного використання вугілля в Україні за сценаріями розвитку економіки з урахуванням очікуваних змін у її структурі та оцінених обсягів технологічного енергозбереження за основними споживачами. Визначено варіанти прогнозного попиту на електричну, теплову енергію та вугілля до 2040 р. у країні, укрупнених видах економічної діяльності та для населення, обчислено за цими сценаріями прогнози викидів парникових газів від використання вугілля за групами споживачів.*

**Ключові слова:** попит, вугілля, структура економіки, технологічний потенціал енергозбереження, викиди парникових газів.

Україна мала значні поклади вугілля різних марок для забезпечення потреб промисловості та енергетики на далеку перспективу [1]. Воєнні дії на сході України унеможливили доступ до цього виду енергоресурсу та призвели до необхідності імпортування енергетичного вугілля марки АШ та частини коксівного вугілля [2]. За період 2014–2020 рр. відбулись суттєві зміни в економіці, переорієнтація частини підприємств на воєнні потреби. Крім цього Україна приєдналась до Директиви ЄС щодо скорочення викидів парникових газів [3] та розробила Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок [4]. Ці обставини призвели до необхідності перегляду обсягів прогнозного попиту на кам'яне вугілля [5] та необхідності обчислення викидів парникових газів від його використання на перспективу до 2040 р.

Науковою новизною статті є комплексний підхід до визначення прогнозного попиту на вугілля в умовах штучного обмеження доступу до енергоресурсу на сході України внаслідок воєнних дій, перебудови економіки на військові потреби, обмеження доступу до покладів природного газу як альтернативного

палива у Чорноморській акваторії внаслідок анексії Кримського пів-острова, дотримання вимог міжнародних угод і зобов'язань щодо обсягів викидів парникових газів та підвищення енергетичної ефективності (Директиви ЄС). Комплексність підходу полягає у врахуванні взаємозв'язку економічних, екологічних та енергетичних викликів та обмежень. Ключовим питанням у прогнозуванні попиту на вугілля є економічні реалії, що обмежують доступ до власних покладів вугілля та потребують рішень з максимально можливого заміщення вугілля іншими більш доступними видами палива або марками вугілля. Визначення обсягів викидів парникових газів від прогнозованих обсягів споживання вугілля дає можливість визначити, наскільки країна буде відповідати міжнародним вимогам щодо цих викидів при обраних сценаріях розвитку економіки.

**Економічні передумови.** Проведено уточнення прогнозу ВВП України до 2040 р., який складено на базі попередніх розрахунків за даними МВФ у 2016 р., що полягає у використанні оцінок міжнародних інституцій, зокрема, міжнародного рейтингового агентства S&P Global Ratings. Це підвищило прогноз зростання реального валового внутрішнього продукту (ВВП) України у

© О.Є. МАЛЯРЕНКО, Н.Ю. МАЙСТРЕНКО, Г.Г. ПАНЧЕНКО, 2020

2019 р. – з 2,5 до 3,2%, а Світовий банк (СБ) зберіг прогноз зростання ВВП України на рівні 2,7% у цьому році. При цьому зростання економіки на 2020 р. збережено на рівні 3,4%, а на 2021 рік – підвищено до 3,8%. Очікується, що зростання економіки буде помірним протягом прогнозованого горизонту. Темпи майбутнього зростання залежать від успішної реалізації структурних реформ, спрямованих на поліпшення ділового середовища, досягнення прийнятного рівня заборгованості та реструктуризацію державних підприємств. СБ зазначає, що скасування структурних реформ залишається ризиком у багатьох країнах, особливо у Вірменії, Азербайджані, Білорусі, Туреччині та Україні [6–9].

В Україні за період незалежності відбулись значні структурні зрушення в економіці. Нині спостерігається стійка тенденція формування постіндустріального суспільства, що включає випереджаючий розвиток сектора послуг з одночасним швидким падінням в промисловому виробництві, особливо в переробній промисловості. Зараз відбувається процес деіндустріалізації під впливом втрати конкурентоспроможності у відкритій для іноземної конкуренції економіці країни. Також за останній період відбулось стрімке зростання частки сільського господарства у ВВП, на відміну від високорозвинених країн світу, де ця частка знаходиться в межах 1,5–5%. «Стагнація інших секторів економіки призвела до ситуації, коли сільське господарство і виробництво продовольства стають стабілізатором економіки саме тому, що спираються на первинні потреби збіднілого населення» [10, 11]. Поступовий «структурний реверс» економічного розвитку від переважання виробництва машин і транспортного обладнання до виробництва продовольчих товарів, напоїв і тютюнових виробів у переробній промисловості свідчить про процеси структурного спрощення, послаблення потенціалу економічного зростання й розвитку [10, 11]. Тобто Україна нині характеризується як країна, що розвивається. Прогнозування економічної структури України виконано за консервативним сценарієм, що передбачає збереження трендів в основних енергоємних секторах та секціях економіки [12].

Аналіз зміни структури економіки протягом 2015–2017 рр. обумовив необхідність оновлення прогнозного попиту на вугілля. Прогнозні зміни економіки надано у табл. 1.

**Ресурси.** Основні запаси кам'яного вугілля зосереджені в Донецькому та Львівсько-Волинському басейнах і, згідно з даними ДНВП «Геоінформ України», становлять 94,8% від загальних запасів вугілля в Україні. Відповідно до даних ДНВП «Геоінформ України», балансові запаси кам'яного

вугілля в Україні на 01.01.2017 р. становили 41 637 млн т. Структура запасів вугілля, представлена у [1], свідчить, що найбільші запаси вугілля є в Луганській обл. – 14309,9 млн т (34,4%), Донецькій – 13537,0 (32,5%), а також в інших областях: Дніпропетровській – 10705,8 млн т (25,7%), Харківській – 1987,1 млн т (4,8%), Львівській – 1028,6 млн т (2,5%), Волинській – 69 млн т (0,2%). Як свідчить розподіл запасів кам'яного вугілля за марками, станом на 01.01.2017 р. переважає вугілля марки Д, яке становить 31% балансових запасів України. 19% припадає на газове вугілля (марка Г), 16% – на довгополуменеве (марка ДГ), 15% – антрацит (марка А) [1].

Більшість кам'яного вугілля, що видобувається в Україні, – енергетичне (газова група) і використовується генеруючими компаніями (ГК ТЕС) для виробництва електричної енергії. Основну частину вугілля газової групи видобувають приватні компанії. За даними Міненерговугілля, частка видобування вказаного вугілля, що відноситься до державних шахт, складає 18,7% (4,88 млн т) від загального обсягу видобування вугілля газової групи [1].

За прогнозом, що був розроблений у 2016 р. в Інституті загальної енергетики НАН України [5], передбачалось у 2040 р. досягти обсягів видобутку енергетичного вугілля 43,2 млн т, коксівного – 8,5 млн т, разом – 51,7 млн т.

Згідно Аналітичної записки [5], у секторі енергетичного вугілля найближчим часом очікується введення шахти-новобудови «Нововолинська № 10» з потужністю першої черги 600 тис. т, яка згодом вийде на свою проектну потужність – 900 тис. т.

На етапі реформування вугільної галузі в 2013–2020 рр. планувалось підготувати й провести приватизацію або передачу в оренду чи концесію всіх державних шахт незалежно від рівня рентабельності. Шахти, що не викликали інтересу інвесторів, необхідно ліквідувати або законсервувати з урахуванням дефіциту марок вугілля, що неможливо покрити з інших джерел.

На другому етапі розвитку галузі в період з 2020 до 2025 р. очікується активна модернізація шахтного фонду приватними інвесторами й оптимізація системи управління. Зокрема, відбудеться модернізація застарілого шахтного обладнання, будуть інвестовані кошти в нові технології, підвищиться продуктивність праці. Галузь вийде на рівень рентабельності.

На третьому етапі розвитку галузі 2025–2035 рр. очікується стабілізація зростання видобутку вугілля та поступове заміщення потужностей і технологій (зокрема, закриття шахт, які відпрацювали свої промислові запаси). У цей період

**Таблиця 1.** Прогнозна структура ВВП України до 2040 року (розрахункова)  
за консервативним сценарієм, у постійних цінах 2015 р., млрд грн, %

| Показники                                                                 | 2015 (факт) |       | 2017 (у цінах 2015р.) |       | 2020     |       | 2025     |       | 2030     |       | 2035     |       | 2040     |       |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|-----------------------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| Укрупнені види економічної діяльності                                     | млрд грн    | %     | млрд грн              | %     | млрд грн | %     | млрд грн | %     | млрд грн | %     | млрд грн | %     | млрд грн | %     |
| Сільське, лісове та рибне господарство                                    | 239,8       | 12,1  | 212,9                 | 10,2  | 272,1    | 11,8  | 341,7    | 12,3  | 429,3    | 12,7  | 525,1    | 12,8  | 593,1    | 12,8  |
| Добувна промисловість та розроблення кар'єрів                             | 95,1        | 4,8   | 123,1                 | 5,9   | 133,7    | 5,8   | 130,6    | 4,7   | 121,7    | 3,6   | 110,6    | 2,7   | 120,5    | 2,6   |
| Переробна промисловість                                                   | 236,7       | 11,9  | 252,5                 | 12,1  | 265,2    | 11,5  | 277,8    | 10,0  | 307,6    | 9,1   | 360,4    | 8,8   | 407,8    | 8,8   |
| Постачання електроенергії, газу, ін.;<br>Водопостачання; каналізація, ін. | 61,1        | 3,2   | 66,8                  | 3,2   | 80,7     | 3,5   | 105,6    | 3,8   | 135,2    | 4,0   | 168,4    | 4,1   | 194,6    | 4,2   |
| Транспорт, складське гос-во, поштова та кур'єр. діяльність                | 135,0       | 6,6   | 133,6                 | 6,4   | 159,1    | 6,9   | 202,8    | 7,3   | 267,0    | 7,9   | 341,1    | 8,3   | 375,3    | 8,1   |
| Інші види економічної діяльності                                          | 921,7       | 46,3  | 972,5                 | 46,6  | 1049,2   | 45,5  | 1339,2   | 48,2  | 1707,0   | 50,5  | 2133,1   | 52,1  | 2428,1   | 52,4  |
| Разом за видами економічної діяльності (ВДВ разом)                        | 1689,4      | 84,9  | 1761,4                | 84,4  | 1960,1   | 85,0  | 2397,8   | 86,3  | 2967,9   | 87,8  | 3638,8   | 88,8  | 4119,4   | 88,9  |
| Податки за виключенням субсидій на продукти                               | 299,2       | 15,1  | 325,6                 | 15,6  | 345,9    | 15,0  | 380,6    | 13,7  | 412,5    | 12,2  | 456,8    | 11,2  | 456,8    | 11,1  |
| Валовий внутрішній продукт                                                | 1988,5      | 100,0 | 2086,9                | 100,0 | 2306,0   | 100,0 | 2778,5   | 100,0 | 3380,3   | 100,0 | 4095,6   | 100,0 | 4633,8   | 100,0 |

проводитимуться такі заходи: ефективне освоєння нових запасів для шахт, які мають необхідний виробничий і економічний потенціал; планова реконструкція шахт і введення в експлуатацію нового обладнання; оптимізація витрат для досягнення максимального рівня рентабельності [5].

**Напрями використання вугілля.** Тенденції розвитку енергетики України та перспективи вугільної теплогенерації розглянуто у публікації [5]. Вугілля залишається ключовим видом палива для забезпечення електричної теплогенерації з ТЕС та частково електро- і теплопостачання від ТЕЦ. Підприємства чорної металургії будуть залишатися лідерами у споживанні вугілля промисловістю, зокрема у виробництві коксу. Значну частку вугілля споживають підприємства

цементної промисловості [13]. Для визначення обсягів вугілля на електро- і теплопостачання необхідно оцінити прогнольні попити на електричну та теплову енергію.

**Прогнозний попит на електричну енергію до 2040 р.** Рівні споживання електроенергії у секторах економіки, в т.ч. соціальній сфері, та для населення визначались за комплексним методом [14]. В укрупнених секторах економіки здійснено розрахунки за нормативним методом з врахуванням структурного та технологічного енергозбереження за показниками енергоємності ВДВ 2017 р. кожного досліджуваного сектора. Для сільського господарства передбачається зростання його частки в загальній структурі за рахунок розвитку рослинництва, в першу чер-

гу, зернових та олійних культур, ріпаку, садівництва та ягідництва і, відповідно, зростання перевитрат електроенергії при збільшенні обсягів експорту. Тваринництво буде розвиватись значно повільніше після 2035 р., до цього періоду прогнозується стагнація та скорочення основного виробництва. Економія енергоресурсів прогнозується від впровадження заходів енергозбереження загального характеру: при впровадженні нових технологій обробітку ґрунтів, підготовці до зберігання, зберіганні, транспортуванні продукції та її первинній переробці, освітленні, вентиляції приміщень у тваринництві, використанні біопалива та біогазу як місцевих видів ПЕР.

Добувна промисловість як енергоємна складова втратить найбільше в структурі економіки саме за рахунок вартості електроенергії та палива. Технологічний потенціал енергозбереження формуватиметься на модернізованих та нових підприємствах з врахуванням доцільності добування корисних копалин (діючих цін на світових ринках). Переробна промисловість також знижує свою частку через зниження обсягів виробництва та зменшення попиту на свою продукцію, а технологічний потенціал формується в нових виробництвах та модернізованих підприємствах. Сектор «Постачання електроенергії, газу, пари і кондиційованого повітря; Водопостачання, каналізація, поводження з відходами» збільшує свою частку в структурі економіки за рахунок

збільшення експорту електроенергії та зростання попиту населення. Технологічний потенціал формується зменшенням витрат на власні потреби електростанцій та котелень та зниженням питомих витрат ПЕР при модернізації обладнання. Транспорт збільшує свою частку в структурі економіки при зростанні обсягу пасажирських та вантажних експортних (зернові вантажі, перероблена деревина, вугілля, руди) та імпорتنних перевезень до 2040 р. Технологічний потенціал включає заміну джерел освітлення, оновлення трансформаторних та передаточних пристроїв, застосування нових електролокомотивів. Інші ВЕД включають соціальну сферу, сферу послуг, державне управління. Прогнозується зростання частки цих ВЕД у структурі економіки, а технологічний потенціал включає економію електроенергії при освітленні, опаленні, вентиляції адміністративних приміщень, виконання послуг (робіт) в режимі роботи вдома або фриланс. Населення спочатку до 2030 р. економить електроенергію, а після цього періоду збільшує обсяг її споживання за рахунок зростання видів електрообладнання житла та купівлі електромобілів. Остаточні результати уточнені за допомогою комплексного (двоетапного) методу по секторах економіки та країні в цілому (табл. 2).

**Прогнозний попит на теплову енергію до 2040 р.** Для прогнозування попиту на теплову енергію (табл. 3) також використано комплексний метод [14]. У розрахунку враховано сумарний по-

**Таблиця 2.** Прогноз попиту на електроенергію по країні та ВЕД за комплексним методом, млн кВт·год

| Показники                                                              | 2020     | 2025     | 2030     | 2035     | 2040     |
|------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Споживання електроенергії нетто за уточнюючим показником               | 132446,7 | 146058,1 | 161282,4 | 194260,5 | 209309,7 |
| Разом за ВЕД                                                           | 98086,3  | 113180,1 | 128016,7 | 158725,4 | 174016,1 |
| в т.ч.:                                                                |          |          |          |          |          |
| Сільське, лісове та рибне господарство                                 | 2933,5   | 3684,1   | 4693,9   | 5904,4   | 6565,1   |
| Добувна промисловість та розроблення кар'єрів                          | 12634,2  | 12158,3  | 10908,7  | 10192,8  | 9007,9   |
| Переробна промисловість                                                | 38502,9  | 40258,7  | 39546,6  | 48226,7  | 51754,8  |
| Постачання електроенергії, газу, ін.; Водопостачання; каналізація, ін. | 22472,1  | 29378,3  | 35786,2  | 46106,7  | 56198,1  |
| Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність    | 7795,7   | 9982,4   | 13574,0  | 18034,5  | 18104,3  |
| Інші ВЕД                                                               | 13748,1  | 17719,7  | 23507,1  | 30260,4  | 33823,0  |
| Населення                                                              | 34360,4  | 32878,0  | 33265,7  | 35535,1  | 35293,6  |
| Споживання електроенергії бруто                                        | 147015,8 | 160663,9 | 184537,2 | 219203,7 | 245051,4 |
| Імпорт                                                                 | 4140     | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Експорт                                                                | 6071     | 12000    | 12000    | 12000    | 12000    |
| Всього попит                                                           | 148946,8 | 172663,9 | 196537,2 | 231203,7 | 257051,4 |

**Таблиця 3.** Прогноз попиту на теплоенергію по країні та ВЕД і населенням до 2040 р. за комплексним методом, млн Гкал

| Показники                                                                 | 2020  | 2025  | 2030  | 2035  | 2040  |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Споживання теплосергії з населенням                                       | 232,0 | 249,8 | 260,7 | 290,2 | 311,9 |
| Разом за ВЕД, в т.ч.:                                                     | 61,9  | 68,8  | 79,1  | 93,0  | 103,3 |
| Сільське, лісове та рибне господарство                                    | 2,7   | 3,3   | 4,1   | 4,9   | 5,5   |
| Добувна промисловість та розроблення кар'єрів                             | 2,3   | 2,3   | 2,1   | 1,9   | 2,0   |
| Переробна промисловість                                                   | 37,1  | 38,5  | 42,2  | 48,8  | 54,4  |
| Постачання електроенергії, газу, ін.;<br>Водопостачання; каналізація, ін. | 3,7   | 4,8   | 6,2   | 7,6   | 8,8   |
| Транспорт, складське господарство,<br>поштова та кур'єрська діяльність    | 1,7   | 2,1   | 2,6   | 3,3   | 3,5   |
| Інші ВЕД                                                                  | 14,4  | 17,8  | 21,9  | 26,5  | 29,1  |
| Населення                                                                 | 170,0 | 180,9 | 181,5 | 197,2 | 208,6 |

тенціал енергозбереження, який за роками складає, відповідно, млн Гкал: 2020 р. – 2,8; 2025 р. – 9,2; 2030 р. – 15,8; 2035 р. – 22, і 2040 р. – 26,8, у т.ч.: за структурними змінами відповідно: 2020 р. – 1,5; 2025р.–6,6;2030р.–11,3;2035р.–14,7і2040р.–16,4; за технологічними заходами: 2020 р. – 1,2; 2025 р. – 2,6; 2030 р. – 4,5; 2035 р. – 7,3 і 2040 р. – 10,4.

**Прогнозний попит на вугілля до 2040 р.** Прогнозний попит на вугілля до 2040 р. представлено у табл. 4. Новим у формуванні прогнозів вугілля є виділення з кожного виду економічної діяльності, крім «Транспорту», обсягів споживання вугілля на перетворення в теплову і електричну енергію, тому що 90% вугілля у «Сільському гос-

**Таблиця 4.** Прогнозні рівні споживання вугілля по країні з населенням до 2040 р.\*, тис. т вугілля

| Показники                                                                                                                        | 2017    | 2020     | 2025     | 2030     | 2035     | 2040     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Споживання вугілля по країні при структурі та енергоефективності 2017 р. та населенням                                           | 42664,6 | 46252,0  | 52937,9  | 65442,5  | 80722,1  | 91531,3  |
| Споживання вугілля по країні при структурних змінах в економіці та населенням                                                    | 42664,6 | 46097,0  | 52269,4  | 64282,1  | 79182,3  | 89797,0  |
| Споживання вугілля по країні при структурних і технологічних змінах зі споживання населенням, у т.ч.                             | 42664,6 | 44500,8  | 49367,4  | 58483,3  | 70746,7  | 77074,0  |
| Разом за ВЕД, у т.ч.                                                                                                             | 42355,8 | 44257,85 | 49153,84 | 58303,21 | 70584,29 | 76931,35 |
| Сільське, лісове та рибне господарство<br>(з обсягами на перетворення в енергетичних установках)                                 | 115,3   | 97,6     | 91,2     | 85,7     | 81,1     | 74,6     |
| Добувна промисловість та розроблення кар'єрів<br>(з обсягами на перетворення в енергетичних установках)                          | 210,3   | 225,2    | 215,1    | 190,1    | 163,7    | 168,6    |
| Переробна промисловість<br>(з обсягами на перетворення в промислових та енергетичних установках)                                 | 16964,9 | 17392,1  | 17706,5  | 19094,5  | 22008,9  | 24454,4  |
| Постачання електроенергії, газу, ін.;<br>Водопостачання; каналізація, ін. (з обсягами на перетворення в енергетичних установках) | 24654,9 | 26119,9  | 30609,5  | 38269,3  | 47521,5  | 51002,6  |
| Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність (з обсягами на перетворення в енергетичних установках)       | 31,2    | 36,4     | 46,0     | 60,2     | 76,6     | 83,4     |
| Інші ВЕД (з обсягами на перетворення в енергетичних установках)                                                                  | 379,3   | 386,5    | 485,6    | 603,3    | 732,4    | 797,7    |
| Населення                                                                                                                        | 308,8   | 243,0    | 213,5    | 180,1    | 162,4    | 142,7    |

\* Обсяги вугілля на перетворення взято за даними [5].

**Таблиця 5.** Прогнозні викиди ПГ від спалювання вугілля до 2040 р., тис. т CO<sub>2</sub>-екв.

| Показники                                                                                                       | 2017  | 2020  | 2025   | 2030   | 2035   | 2040   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Споживання вугілля по структурі 2017 р. з технологічним енергозбереженням</b>                                |       |       |        |        |        |        |
| Сільське господарство                                                                                           | 28    | 31    | 37     | 45     | 55     | 62     |
| Добувна і переробна промисловість разом (без обсягів перетворення в енергетичних установках)                    | 33805 | 35742 | 38441  | 43367  | 51144  | 57789  |
| Сектор енергетики, включно з обсягами споживання вугілля на перетворення в електричну і теплову енергію за ВЕД  | 50847 | 53744 | 62793  | 78204  | 96847  | 104576 |
| Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність                                             | 67    | 74    | 89     | 109    | 132    | 149    |
| Інші ВЕД                                                                                                        | 330   | 365   | 439    | 534    | 648    | 733    |
| Населення                                                                                                       | 695   | 662   | 642    | 615    | 613    | 612    |
| I - Разом по країні при структурі 2017 р. та з врахуванням технологічного ПЕЗ (з населенням)                    | 85772 | 90481 | 102262 | 122650 | 149176 | 163617 |
| <b>Споживання вугілля з урахуванням структурних зрушень і технологічного енергозбереження</b>                   |       |       |        |        |        |        |
| Сільське господарство                                                                                           | 28    | 36    | 45     | 57     | 69     | 78     |
| Добувна і переробна промисловість разом (без обсягів перетворення в енергетичних установках)                    | 33805 | 35402 | 37002  | 38343  | 47791  | 53993  |
| Сектор енергетики*, включно з обсягами споживання вугілля на перетворення в електричну і теплову енергію за ВЕД | 50847 | 53771 | 62859  | 78311  | 96994  | 104758 |
| Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність                                             | 67    | 80    | 102    | 134    | 171    | 189    |
| Інші ВЕД                                                                                                        | 330   | 356   | 454    | 579    | 724    | 824    |
| Населення                                                                                                       | 695   | 662   | 642    | 615    | 613    | 612    |
| II - Разом по країні при структурному і технологічному ПЕЗ (з населенням)                                       | 85772 | 90171 | 100924 | 117814 | 146101 | 160151 |

\* Класифікація за видами економічної діяльності (КВЕД) не співпадає з секторами економіки, за якими обчислюються викиди парникових газів (МГЕЗК).

подарстві», «Добувній промисловості» – витрати в котельнях. У «Переробній промисловості» 87% вугілля використовується на коксування. Такий підхід дозволив уточнити прогнози вугілля, що отримані за показниками «верхнього» і «нижнього» рівнів. Технологічний потенціал енергозбереження, що врахований у прогнозі, включає заходи та технології з підвищення ефективності використання вугілля, зокрема зниження питомих витрат палива на виробництво електричної енергії на ТЕС і ТЕЦ загального користування та промислових електростанцій з 0,4011 кг у.п./кВт·год (2017 р.) до 0,3363 кг у.п./кВт·год (2040 р.); зниження питомих витрат палива на відпуск теплової енергії у промислових котельнях з 0,1633 кг у.п./Гкал (2017 р.) до 0,148 кг у.п./Гкал (2040 р.); заміщення вугілля, що спалюють у котельнях у секції «Сільське господарство та ін.» на інші види палива: біогаз, відходи біомаси, торф, впровадження теплонасосних установок на підземних водах, ін. Це дозволить скоротити обсяги споживання вугілля на перетворення у котельнях сільськогосподарських підприємств

на 40% відносно 2017 р. Економію вугілля в обсязі 282,7 тис. т можливо досягти у виробництві коксу при впровадженні низки енергоефективних заходів [15, 16].

**Оцінювання обсягів викидів парникових газів в Україні за сценаріями та періодами до 2040 р.** Розрахунки викидів парникових газів (ПГ) виконувались для спалювання вугілля.

Розрахунки виконувались відповідно до Методичних рекомендацій [17, 18] з використанням підходу 2. Обсяги спалювання приймалися за даними форми 4-МТП за відповідними секціями за КВЕД-2010. Коефіцієнти викидів ПГ приймалися при спалюванні вугілля – за даними Таблиць А2.4 (з перерахунком вмісту вуглецю), А2.5 та А2.6 [18].

Викиди ПГ при спалюванні вугілля визначалися для двох прогнозів споживання вугілля – при структурі 2017 р. з технологічним енергозбереженням, яке буде реалізоване у зв'язку з фізичним спрацюванням старого обладнання, та з урахуванням структурних зрушень і технологічного енергозбереження (табл. 5). В обох

**Таблиця 6.** Обсяги зміни викидів ПГ від споживання вугілля по країні та у видах економічної діяльності з технологічним енергозбереженням і структурою економіки 2017 р. та структурних зрушень і технологічного енергозбереження до 2040 р., тис. т CO<sub>2</sub>-екв.

| Показники                                                                                                      | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Сільське господарство                                                                                          | -5   | -8   | -11  | -14  | -16  |
| Добувна і переробна промисловість разом (без обсягів перетворення в енергетичних установках)                   | 339  | 1439 | 5024 | 3353 | 3795 |
| Сектор енергетики, включно з обсягами споживання вугілля на перетворення в електричну і теплову енергію за ВЕД | -27  | -66  | -107 | -147 | -183 |
| Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність                                            | -6   | -13  | -25  | -40  | -40  |
| Інші ВЕД                                                                                                       | 9    | -15  | -45  | -76  | -91  |
| Населення                                                                                                      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Разом по країні (з населенням)                                                                                 | 310  | 1338 | 4836 | 3076 | 3466 |

варіантах вугілля, яке використовується для виробництва коксу і коксифікату, що використовуються в металургії (для виробництва чавуну, сталі і феросплавів), враховується окремо. Викиди ПГ від використання цього вугілля приймалися за даними таблиці «Table2(I).A-Hs2» Загального формату звітності (ЗФЗ Національного звіту про кадастр подання 2019 р. [18], англійська назва таблиць – CRF), з відрахуванням викидів вуглекислого газу від спалювання природного газу при виробництві чавуну.

Розбіжності в результатах виконаних розрахунків і даних [19] обумовлені розбіжностями в даних про обсяги спалювання палива і використання різних класифікаторів секторів – КВЕД і МГЕЗК. Розбіжності з даними [20] обумовлені використанням у роботі даних про зростання потреб секторів економіки України у вугіллі [4, 5].

Для обрахунків прогнозних рівнів споживання вугілля розраховано потенціали скорочення обсягів викидів парникових газів за сценаріями, періодами та секторами економіки на перспективу до 2040 р. Обсяги скорочення викидів ПГ по країні від споживання вугілля за умов впровадження тільки технологічного енергозбереження і структури економіки 2017 р. та структурних зрушень і технологічного енергозбереження наведено в табл. 6.

## ВИСНОВКИ

Проведене дослідження показує, що навіть при впровадженні технічно можливих обсягів технологічного енергозбереження за консервативним сценарієм (реалістичним) у таких секціях економіки як Сільське господарство, Транспорт та Інші види економічної діяльності буде відбуватись зростання викидів парникових газів від використання вугілля, обсяги яких не є значними відносно обсягів викидів по промисловому сектору та країні в цілому. У секції

Енергетика (Постачання електроенергії та ін.; Водопостачання та ін.) зростання споживання вугілля обумовлене прогнозованою структурою електрогенеруючих потужностей, що представлена у публікації [5]. Проте у Добувній і Переробній промисловості передбачається значне скорочення цих викидів. У цілому по країні у 2040 р. можливо досягти скорочення 3466 тис. т CO<sub>2</sub>-екв. при використанні вугілля за структурної перебудови економіки.

Слід зазначити, що розбіжність представленої в статті прогнозу з проектом розпорядження КМУ щодо презентації ПРОЄКТУ НВВ2 «Другий Національно визначений внесок України до Паризької угоди» [20] обумовлена використанням офіційних даних зі споживання вугілля та консервативним сценарієм розвитку економіки, який ми вважаємо більш реалістичним в умовах воєнних дій в країні. Для досягнення цілей декарбонізації економіки України та виконання зобов'язань за Паризькою угодою необхідно забезпечити інвестиції для реалізації Енергетичної стратегії України та розробити стратегію декарбонізації економіки України. Однак представлена прогнозна структура економіки України дозволить забезпечити роботу металургійної промисловості як однієї з бюджетонаповнюючих та експортоорієнтованих її складових, тобто в цьому виді виробництва вугілля замінити складно. Якщо заходи з декарбонізації економіки не будуть проведені, то Україну очікує зниження експортного потенціалу металургійної продукції та скорочення торгівельних зв'язків із світовим співтовариством та певні санкції в межах нового низьковуглецевого укладу.

1. Ініціатива прозорості видобувних галузей: Національний звіт України. 2016. 360 с. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245274058&cat\\_id=245015861](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245274058&cat_id=245015861) (дата звернення: 21.01.2021).

2. Про основні показники роботи паливно-енергетичного комплексу України за січень-серпень 2019 року. *Енергоінформ-Інформенерго*, № 570. <https://www.ntseu.net.ua/docs/review570-201909.pdf> (дата звернення: 21.01.2021).
3. Директива 2003/87/ЄС щодо заснування схеми для зменшення викидів в атмосферу парникових газів, торгуючи в межах Співтовариства та про внесення змін до Директиви Ради 96/61/ЄС. URL: <https://mepr.gov.ua/news/31300.html>
4. Національний план скорочення викидів (НПІСВ) від великих спалювальних установок: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 року № 796-р. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245255506&cat\\_id=245255478//](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245255506&cat_id=245255478//) (дата звернення: 21.01.2021).
5. Кулик М.М., Горбулін В.П., Кириленко О.В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали). К.: Інститут загальної енергетики НАН України, 2017. 78 с.
6. S&P поліпшило прогноз зростання ВВП України у 2019 році до 3,2%. URL: <https://mind.ua/news/20202632-sandampp-polipshilo-prognoz-zrostannya-vvp-ukrayini-u-2019-roci-do-32> (дата звернення: 21.01.2021).
7. Прогноз зростання ВВП України збережено на рівні 2,7% в 2019. *Світовий банк*. URL: [https://zik.ua/news/2019/09/24/prognoz\\_zrostannya\\_vvp\\_ukrainy\\_zberezheno\\_na\\_rivni\\_27\\_v\\_2019\\_svitovyy\\_bank\\_1652987](https://zik.ua/news/2019/09/24/prognoz_zrostannya_vvp_ukrainy_zberezheno_na_rivni_27_v_2019_svitovyy_bank_1652987) (дата звернення: 21.01.2021).
8. Fitch прогнозує зростання української економіки на 3,4% у 2019 році. URL: <https://hromadske.ua/posts/fitch-prognozuye-zrostannya-ukrayinskoyi-ekonomiki-na-34-u-2019-roci-fitch> (дата звернення: 21.01.2021).
9. Додатковий випуск Консенсус-прогнозу «Україна: перспективи розвитку очима молоді» (квітень 2019). URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=e69f9ab4-19bb-47dd-8571-11bcee739286&title=DodatkoviiVipuskKonsensusprognozu-ukraina-PerspektiviRozvitkuOchimaMolodi-kviten2019> (дата звернення: 21.01.2021).
10. Сіденко В.Р. Глобальні структурні трансформації та тренди економіки України. Частина перша. Ключові тренди структурних змін у світовій економіці та в Україні. *Економіка і прогнозування*. 2018. № 1. С. 37—57. <https://doi.org/10.15407/eip2018.01.037>
11. Сіденко В.Р. Глобальні структурні трансформації та тренди економіки України. Частина друга. Інноваційні чинники структурних змін в умовах четвертої промислової революції. *Економіка і прогнозування*. 2018. № 2. С. 7—28. <https://doi.org/10.15407/eip2018.02.007>
12. Майстренко Н.Ю., Богославська О.Ю. Особливості прогнозування рівнів енергоспоживання України при застосуванні різних прогнозних структур економіки. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. Вип. 2(57). С. 21—26. <https://doi.org/10.15407/pge2019.02.021>
13. Антидемпінг в дії: В Україні прогнозують ріст виробництва цементу. *Бізнес*. 30.05.2019. URL: <https://www.business.ua/uk/v-ukrajini-prognozuyut-rist-virobnitstva-tsementu> (дата звернення: 21.01.2021).
14. Кулик М.М., Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Спітківський А.І. Застосування методу комплексного прогнозування для визначення перспективного попиту на енергетичні ресурси. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. Вип. 1(48). С. 5—15. <https://doi.org/10.15407/pge2017.01.005>
15. Шабалина Л.В., Земелько Ю.С. Повышение конкурентоспособности металлургической отрасли Украины на внешних рынках. URL: <http://masters.donntu.org/2018/ief/timko/library/article4.pdf> (дата звернення: 15.02.2021).
16. Федіна І.В. Енергозбереження при виробництві чорних та кольорових металів. *Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві*. 2014. Вип. 4(9). С. 152—159. <http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/2944/1/18.pdf> (дата звернення: 15.02.2021).
17. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Глава 2. Стационарное сжигание топлива. URL: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2\\_Volume2/V2\\_2\\_Ch2\\_Stationary\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf) (дата звернення: 21.01.2021).
18. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Глава 3. Мобильное сжигание топлива. URL: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf) (дата звернення: 21.01.2021).
19. UKRAINE'S GREENHOUSE GAS INVENTORY 1990-2017. Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Kyiv. 2019. URL: <https://unfccc.int/documents/195605> (дата звернення 21.01.2021).
20. Другий Національно визначений внесок України до Паризької угоди. URL: <https://mepr.gov.ua/files/images/2021/29042021/Проек%20розпорядження%20КМУ.pdf> (дата звернення: 21.01.2021).

Надійшла до редколегії: 22.02.2021