

УДК 620.91:504.06

В.В. СТАНИЦІНА, канд. техн. наук, ORCID: 0000-0002-1005-6185

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
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, м. Київ, 03035, Україна

ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ

У статті наведено ретроспективний огляд споживання природного газу та викидів парникових газів від його споживання. Оцінено потенціали енергозбереження від структурних та технологічних змін, представлено прогноз попиту на природний газ в Україні до 2040 р. укрупненими секціями за КВЕД та населенням за консервативним сценарієм розвитку економіки. Обчислено прогноз викидів парникових газів від використання природного газу групами споживачів та по країні в цілому.

Ключові слова: прогноз, попит, природний газ, викиди парникових газів, потенціал енергозбереження, населення.

Прогнози попиту на енергетичні ресурси з урахуванням структурних та технологічних змін на довгострокову перспективу є одними з впливових чинників для визначення напрямів розвитку видобувних та переробних видів економічної діяльності, які стосуються постачання палива і енергоносіїв, оскільки обґрунтовані прогнози є основою планування та управління економікою.

Наприкінці 2019 р. в ЄС було представлено Європейський зелений курс (European Green Deal), який ставить за мету досягнення нульових викидів парникових газів (ПГ) в 2050 р. На початку 2020 р. Уряд України представив Концепцію «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 р., яка загалом ставить перед собою цілі, близькі до цілей European Green Deal [1].

Підписавши Угоду про Асоціацію з ЄС, Україна зобов'язалася виконувати низку директив щодо охорони навколишнього середовища. Також Україна ратифікувала Паризьку кліматичну угоду, підготовлено другий Національно-визначений внесок України до Паризької угоди [2].

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.07.2021 р. № 868-р було схвалено Оновлений (другий) національно визначений внесок України до Паризької угоди (НВВ2) [3]. Цим документом передбачається значне скорочення викидів парникових газів (ПГ) в Україні (зокрема,

загальні викиди ПГ в 2030 р. планується скоротити на 65% порівняно з 1990 р.).

У липні 2018 р. на засіданні Кабінету Міністрів України було прийнято «Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року», стратегічний документ переходу економіки України на модель низьковуглецевого розвитку, яка передбачає зменшення обсягу викидів парникових газів. На відміну від національно визначеного внеску України до Паризької угоди, положення та показники Стратегії не носять юридично зобов'язуючий характер і будуть переглядатися кожні 5 років з урахуванням національних обставин та можливостей [4].

Як відомо, природний газ є паливом з порівняно незначним обсягом емісії забруднюючих речовин, в тому числі і ПГ. Однак високі ціни на природний газ обмежують можливості його широкого використання. Прогнозування попиту на природний газ і, відповідно, викидів ПГ від його використання необхідне для оцінки можливості виконання цілі, визначеної у 2-у Національно-визначеному внеску України до Паризької угоди для обраного сценарію розвитку економіки.

Ключовим питанням у прогнозуванні попиту на газ є економічні реалії, які полягають у тому, що Україна не забезпечує власні потреби в природному газі за рахунок власного видобутку, а ціна на імпортований часто зростає до величин, що не підійомні для економіки, проте природний газ є паливом з найменшим обсягом емісії забруднюючих речовин. Визначення обсягів викидів парникових

© В.В. СТАНИЦІНА, Г.Г. ПАНЧЕНКО, 2021

газів від прогнозованих обсягів споживання газу дає можливість визначити, наскільки країна буде відповідати міжнародним вимогам щодо цих викидів за обраного сценарію розвитку економіки. Розроблений раніше прогноз попиту на природний газ та визначені потенціали енергозбереження відносно 2015 р. [5, 6] потребують коригування в зв'язку зі змінами в економіці країни.

Метою статті є розроблення прогнозу попиту на природний газ та визначення обсягів викидів парникових газів для розробленого прогнозу.

Ретроспектива споживання природного газу в Україні. З 1990 р. в Україні відбулось значне зменшення споживання природного газу – з 115,2 млрд м³ у 1990 р. до 80,5 млрд м³ у 1996 р. Далі протягом більше ніж 10 років споживання було близько 70 млрд м³ (68,0–72,5 млрд м³). У зв'язку зі зростанням ціни з 2008 р. почалось стрімке зниження споживання – з 68,0 у 2007 р. до 49,6 млрд м³ у 2013 р. Особливо значним було зменшення споживання природного газу з 2013 р. – на 22% за рік та на 34% за 2 роки – до 32,8 млрд м³ у 2015 р. У 2016–2018 рр. споживання складало 31–32 млрд м³, у 2019 р. впало нижче 30 млрд м³, у 2020 р. було 29,93 млрд м³ [7]. Варто зазначити, що є розбіжність у даних щодо споживання газу, які надають Держстат та «Нафтогаз», наприклад, за даними останнього у 2017 р. було спожито 31,9 млрд м³ (31,5 млрд м³ згідно з Держстатом), у 2020 р. – 31,0 млрд м³ (29,9 млрд м³ згідно з Держстатом) [8]. Для прогнозування попиту на природний газ у статті використано дані Держстату.

За останні роки відбулось зменшення споживання природного газу по всім секціям, окрім добувної промисловості, в якій відбулось зростання споживання газу. Найбільш суттєво зменшилось споживання природного газу у переробній промисловості [7].

Споживання природного газу населенням зростало з 8,2 млрд м³ у 1990 р. до 19,6 млрд м³ у 1996 р. і до 2013 р. складало в середньому 17 млрд м³; у 2014 р. – 14,1 млрд м³, у 2015–2018 рр. – 11–11,8 млрд м³ [7], у наступні роки складало, відповідно, – 9,5 та 8,2 млрд м³ [8].

Напрями споживання природного газу у 2017 р. [9], газоємність ВВП та валової доданої вартості (ВДВ) секцій економіки за КВЕД наведено у табл. 1. За даними форми статистичних спостережень 4-МТП [9] в цілому по країні на перетворення у 2017 р. було витрачено 54,5% природного газу від загального споживання, 2,4% – власне споживання енергетичним сектором, 4,7% – неенергетичне споживання, 36,2% – реалізовано населенню, 2,1% – втрати. Сума по напрямках споживання складає 31508,5 млн м³, тоді як сума «спожито за ВЕД» та «реалізовано населенню» складає 31501,5 млн м³. Неспівпадіння величини загального споживання газу та суми по напрямках складає 6,941 млн м³, оскільки величина «обсяг втрат палива з інших причин (безповоротні втрати, крадіжки, необлік тощо)» входить у показник «втрати», але не враховується в показнику «обсяг використаного палива за рік».

Таблиця 1. Напрями споживання природного газу у 2017 р., млн м³ [9]

Споживачі за КВЕД 2010	газоємність, м ³ /грн	Напрями споживання природного газу					
		використано	на перетворення*	власне споживання енергетичним сектором	неенергетичне споживання	реалізовано населенню	втрати
А Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарств	0,0018	381,0	381	0	0	0,0	0
В Добувна промисловість і розроблення кар'єрів, в т.ч.:	0,0165	2031,9	698	676	630	0,0	34
6.1 Добування сирової нафти	–	881,9	117	135	624	0,0	13
6.2 Добування природного газу	–	733,8	165	541	6	0	21
7 Добування металевих руд	–	368,7	369	0	0	0	
С Переробна промисловість, в т.ч.:	0,0233	5872,8	5066	35	772	0	0
10 Виробництво харчових продуктів	–	803,5	803	0	0	0	0
20 Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	–	1212,9	443	0	770	0	0
24 Металургійне виробництво	–	2580,3	2579	0	1	0	0

продовження табл. 1

Споживачі за КВЕД 2010	газоємність, м ³ /Грн	Напрями споживання природного газу					
		використано	на перетворення*	власне споживання енергетичним сектором	неенергетичне споживання	реалізовано населенню	втрати
D Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря, в т.ч.:	0,1429	8559,3	7844	50	81	11407	584
35.1 Виробництво, передача та розподілення електроенергії	–	2900,4	2887	13	0	0	0
35.2 Виробництво газу; розподілення газоподібного палива через місцеві (локальні) трубопроводи	–	1450,1	753	33	81	11407	584
35.3 Постачання пари, гарячої води та кондиційованого повітря	–	4208,8	4204	4	0	0	0
E Водопостачання; каналізація, поводження з відходами, в т.ч.:	0,0029	20,0	20	0	0	0	0
H Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність, в т.ч.:	0,0174	2326,5	2289	0	0	38	38
49.5 Трубопровідний транспорт	–	2094,0	2056	0	0	0	38
Інші ВЕД	0,0009	891,1	890	0	1	12	0
Україна	0,0096**	31501,5	17189	761	1484	11419	656

* визначається як різниця між валовим споживанням та споживанням населенням, власним споживанням енергетичним сектором, неенергетичним споживанням, втратами.

** не включає споживання населенням.

– показник не існує.

Прогнозування попиту на природний газ в Україні. Прогноз попиту на природний газ на рівні країни (верхній рівень) та на рівні секцій за видами економічної діяльності (нижній рівень) виконано нормативним методом, узгодження прогнозів – комплексним методом [5], за базовий прийнято 2017 р.

При визначенні прогнозних рівнів попиту на природний газ було прийнято ті ж структурні зміни в економіці, як і для прогнозування попиту на вугілля, електро- та теплоенергію за консервативним сценарієм [10]. Як зазначають автори, нині спостерігається стійка тенденція випереджаючого розвитку сектора послуг з одночасним швидким падінням у промисловому виробництві, особливо в переробній промисловості; відбулось стрімке зростання частки сільського господарства у ВВП. Україна нині характеризується як країна, що розвивається. Прогнозування економічної структури України (табл. 2) виконано авторами за консервативним сценарієм, що передбачає збереження трендів в основних енергоємних секторах та секціях економіки [10].

Також цей сценарій передбачає зменшення споживання природного газу за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів та заміщення іншими видами палива, в т.ч. біопаливом та ВДЕ.

Прогнозний попит на природний газ на період до 2040 р. визначено по газоемності ВВП 2017 р. за структури базового року (2017 р.) та за розробленою у [10] прогнозною структурою економіки (табл. 2). Газоемність ВВП (табл. 1) у базовому 2017 р. визначено за показниками ВВП 2017 р. у цінах 2015 р. та обсягами споживання природного газу в 2017 р. по сумі за ВЕД (тобто без споживання населенням). Газоемність ВДВ укрупнених секцій за КВЕД у базовому році визначено за показниками ВДВ за 2017 р. у цінах 2015 р. та обсягами споживання природного газу в 2017 р. за цими ж секціями.

Потенціали енергозбереження від можливих структурних змін в економіці визначено як різницю валового споживання газу за базовою та за прогнозною структурами економіки з урахуванням удосконаленого підходу для визначення потенціалу енергозбереження від структурних змін в секції D, описаного в [11].

Таблиця 2. Прогнозна структура ВВП України до 2040 р. (розрахункова) за консервативним сценарієм, у постійних цінах 2015 р., %/млрд грн [10]

Показники	2017 (у цінах 2015р.)		2025	2030	2035	2040
	млрд грн	%				
А Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	212,9	10,2	12,3	12,7	12,8	12,8
В. Добувна промисловість та розроблення кар'єрів	123,1	5,9	4,7	3,6	2,7	2,6
С Переробна промисловість	252,5	12,1	10,0	9,1	8,8	8,8
D+E Постачання електроенергії, газу, ін.; Водопостачання; каналізація, ін.	66,8	3,2	3,8	4,0	4,1	4,2
Н Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	133,6	6,4	7,3	7,9	8,3	8,1
Інші види економічної діяльності	972,5	46,6	48,2	50,5	52,1	52,4
Разом за видами економічної діяльності (ВДВ разом)	1761,4	84,4	86,3	87,8	88,8	88,9
Податки за виключенням субсидій на продукти	325,6	15,6	13,7	12,2	11,2	11,1
Валовий внутрішній продукт	2086,9	100	100/2778,5*	100/3380,3*	100/4095,6*	100/4633,8*

* млрд грн

Оцінено обсяги технологічного потенціалу енергозбереження знизу за укрупненими видами економічної діяльності (ВЕД). Основні технологічні заходи, впровадження яких призведе до зменшення споживання природного газу в економіці країни: впровадження енерготехнологічних агрегатів та установок великої потужності і зменшення витрати палива на нагрівання повітря у топці у виробництві аміаку та азотних добрив; модернізація існуючих паротурбінних установок з підвищенням ефективності використання палива; заміщення природного газу на інші види палива в тих промислових процесах, де це можливо і доцільно; заміна газотурбінних приводів компресорних станцій на більш ефективні та розширення використання електроприводів в газотранспортній системі; термомодернізація будівель; зменшення втрат газу тощо. Зменшення споживання газу населенням очікується за рахунок утеплення будинків, заміщення газу на інші види палива, впровадження теплових насосів та електрокотлів, встановлення більш економічних газових котлів тощо [5, 6, 12].

Такі зміни структури економіки [10] можуть дати економію природного газу в розмірі 5,2 млрд м³ у 2040 р. (табл. 3). Впровадження наведених вище енергозберігаючих заходів та заміщення природного газу іншими видами палива в теплогенеруючих установках, в т.ч. і населенням, може дати економію 7,5 млрд м³.

Комплексним методом [5] виконано узгоджені прогнози попиту на природний газ по верх-

ньому та нижньому рівнях для консервативного сценарію з урахуванням структурних та технологічних зрушень (табл. 4). Прогнозується поступове збільшення попиту у секціях за КВЕД до 25,7 млрд м³ у 2040 р. та зменшення – населенням.

Згідно з Енергетичною стратегією [13] прогнозується збільшення обсягів видобування природного газу («за рахунок газу з нетрадиційних покладів вуглеводнів до 30–35 млрд м³/рік» [13]) та нафти, внаслідок чого в добувній промисловості очікується збільшення споживання природного газу.

У переробній промисловості прогнозується зростання попиту на природний газ за рахунок збільшення обсягів виробництва: прогнозується збільшення обсягів виробництва продукції машинобудування та харчової промисловості; в хімічній промисловості – товарів з високою доданою вартістю та зменшення обсягів виробництва азотних добрив, до 90% яких раніше експортувалось.

Оскільки газоемність ВДВ укрупненої секції D+E (0,1285 м³/грн) у 13 разів вища газоемності суми ВДВ по країні (ВДВ разом) 0,0096 м³/грн і в 5 разів вища газоемності другої найбільш газоемної секції – «переробна промисловість» (С), зазначена укрупнена секція виокремлена з «верхнього» рівня при прогнозуванні. Прогноз попиту в зазначеній секції виконано з урахуванням прогнозного попиту на газ для виробництва електроенергії [14] та теплоенергії, розподілення електроенергії та природного газу через місцеві (локальні) трубопроводи і обсягу втрат. Структурні зміни у сек-

Таблиця 3. Прогнозна економія/перевитрати природного газу з урахуванням заміщення для укрупнених споживачів за рахунок структурного і технологічного факторів за консервативним сценарієм, млн м³

Види економічної діяльності	2025	2030	2035	2040
А Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство, в т.ч.:	-45,9	-22,7	72,8	149,6
- технологічний фактор	61,6	133,6	270,3	374,0
- структурний фактор	-107,6	-156,4	-197,5	-224,4
В Добувна промисловість і розроблення кар'єрів, в т.ч.:	621,4	1393,9	2323,9	2742,2
- технологічний фактор	87,9	138,2	198,2	265,3
- структурний фактор	533,4	1255,8	2125,7	2476,8
С Переробна промисловість, в т.ч.:	1699,5	3040,8	4188,7	4986,4
- технологічний фактор	390,9	761,0	1152,5	1564,8
- структурний фактор	1308,5	2279,8	3036,1	3421,6
D+E Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря + Водопостачання; каналізація, поводження з відходами., в т.ч.:	216,3	437,1	642,0	1135,4
- технологічний фактор	228,9	457,5	670,3	1170,4
- структурний фактор	-12,6	-20,4	-28,2	-35,0
Н Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність, в т.ч.:	40,1	42,3	61,0	130,3
- технологічний фактор	85,5	133,7	200,7	272,8
- структурний фактор	-45,4	-91,4	-139,7	-142,5
Інші ВЕД, в т.ч.:	68,8	64,8	147,0	292,2
- технологічний фактор	116,9	197,5	369,6	558,9
- структурний фактор	-48,1	-132,7	-222,7	-266,7
Населення (технологічний фактор – заміщення природного газу)	2771,4	2863,8	3002,3	3271,6
Разом економія природного газу, в т.ч.:	5371,5	7820,0	10437,7	12707,6
- технологічний фактор	3743,2	4685,3	5864,0	7477,7
- структурний фактор	1628,3	3134,7	4573,7	5229,9

Таблиця 4. Прогноз попиту на природний газ по країні та ВЕД, виконаний комплексним методом, з урахуванням структурних зрушень і технологічного енергозбереження (базовий рік – 2017), млн м³

Споживачі	2017 (факт)	2025	2030	2035	2040
А Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	381,0	613,1	738,5	803,9	836,4
В Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	2031,9	2353,0	2518,2	2743,7	2905,0
С Переробна промисловість	5872,8	6767,7	7438,3	8701,2	9633,1
D+E Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря + Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	8579,3	9284,0	8858,7	9173,0	9031,3
Н Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	2326,5	1396,8	1427,6	1441,0	1334,7
Інші ВЕД	891,1	1237,7	1590,1	1908,4	2026,7
Населення	11419,0	8193,3	7642,9	7477,4	7181,2
Країна усього	31501,5	29845,5	30214,2	32248,6	32948,5

ції визначено за методикою [11]. Прогнозується зменшення попиту на газ на потреби теплопостачання за рахунок зміни структури генеруючих потужностей (зменшення потужності опалювальних котелень та збільшення – електричних теплогенеруючих установок) і використання альтернативних видів палива [15]. Зростання попиту в секції прогнозується за рахунок збільшення споживання газу в електроенергетиці [14].

Втрати природного газу у 2017 р. склали 656 млн м³ або 2,08% від усього споживання в країні, з них 89% – у секції D. Як зазначено в [16], втрати при транспортуванні і розподіленні за період 2006–2010 рр. становили 1,2–2,1% від рівня споживання природного газу в Україні. Втрати бувають зумовлені технологічним процесом (природні) і понаднормативні, останні у газорозподільчих мережах можливо скоротити шляхом заміни фізично зношеного обладнання, впровадження комплексу енергозберігаючих заходів.

Оскільки викиди парникових газів в CO₂-екв. від втрат і від спалювання природного газу різняться в 13 раз, необхідним є виокремлення їх величини в розрахунках фактичних та прогнозних викидів. Прогнозні втрати визначено як відсоток від прогнозного попиту з поступовим зменшенням, що буде пов'язано з впровадженням заходів для скорочення понаднормативних втрат.

У секції Н «Транспорт, ...» прогнозується зменшення споживання газу внаслідок: зменшення обсягів транспортування газу; проведення модернізації ГТС; заміщення іншими видами палива та теплогенеруючих джерел для цілей теплопостачання. Структурні зміни в секції визначено за підходом [11] від споживання газу в секції всіма групами за виключенням групи 49,5 «Трубопровідний транспорт». Попит в секції визначений за умови, що обсяг транзиту газу через ГТС поступово знизиться у 2040 р. до 32 млрд м³/рік [14].

Для описаного консервативного сценарію цим же методом [5] відносно базового 2017 р. було розроблено прогноз попиту на природний газ на 2020 р. Для населення виконано прогноз за чисельністю населення з урахуванням технологічного енергозбереження (структурні зміни визначаються лише для видів економічної діяльності). Результати розрахунків показували, що у 2020 р. споживання по країні в цілому складе 30278,7 млн м³ з урахуванням структурних зрушень і технологічного енергозбереження. Таким чином, похибка прогнозування між прогнозним та фактичним споживанням склала 299 млн м³ або 1%, що говорить про досить високу точність прогнозу на рівні країни.

Прогнозне споживання населенням на 2020 р. було визначено на рівні 9160 млн м³, похибка про-

гнозування між прогнозним та фактичним споживанням населенням склала 1 млрд м³ або 12%. Значна похибка пов'язана зі зменшенням попиту на природний газ в зв'язку з температурними показниками [8], швидшим зменшенням кількості населення, ніж було закладено в прогнозі, технологічним енергозбереженням та з більш стрімким зменшенням споживання газу в побуті, пов'язаним з високою вартістю газу.

Таким чином, використаний метод дозволяє з високою точністю прогнозувати попит на природний газ на короткострокову перспективу в цілому по країні (на 1–3 роки), проте необхідним є уточнення алгоритмів для визначення прогнозного споживання за укрупненими секціями за КВЕД та населенням.

Динаміка викидів парникових газів в Україні. З 1990 р. відбулось значне зменшення викидів ПГ як в цілому, так і від використання природного газу, а саме енергетичне використання (в енергетиці та промисловості, використання населенням (1.A. Fuel combustion)) та як сировини на виробництво аміаку (2.B.1. Ammonia production). На рисунку наведено динаміку викидів ПГ в Україні за 1990–2019 рр. всього і від використання газу (без врахування сектору землекористування, змін землекористування та лісового господарства, а також витоків (Fugitive emissions from fuels)) за даними таблиць загального формату звітності Звіту України про інвентаризацію парникових газів за 2021 р. [17]. Дані щодо викидів ПГ від спалювання природного газу в енергетиці та промисловості наведено в таблиці 1.A(a) [17]. Неенергетичне (технологічне) використання природного газу відбувається лише при виробництві аміаку.

Викиди ПГ скоротились з 884,2 у 1990 р. до 332,2 млн т CO₂-екв. у 2019 р., або на 62,4%. Викиди від використання природного газу скоротились за цей же час з 217 до 61,4 млн т CO₂-екв., тобто на 71,7%, скорочення викидів від споживання газу відбувається швидшими темпами, ніж від споживання інших видів палива, які мають більшу емісію ПГ.

Аналіз викидів ПГ дозволяє зробити висновок про те, що відсоток викидів ПГ від використання природного газу в 1990–2019 рр. коливався в межах від 36,6% від загальної кількості викидів (в 1998 р.) до 18,5% (в 2019 р.). Зазначена складова зростала з 1990 р. до 1998 р., постійне її зниження почалось у 2006 р. (з 30,4%), що було викликано зменшенням споживання газу в країні, у 2017 р., який прийнято як базовий для розроблення прогнозу попиту на природний газ, зазначена складова була 21,5% (67223 тис. т CO₂-екв.) [17].

Для прогнозу попиту на природний газ, наведеного в табл. 4, виконано розрахунки прогнозних викидів парникових газів при споживанні природного газу (табл. 5). Прогноз попиту виконаний

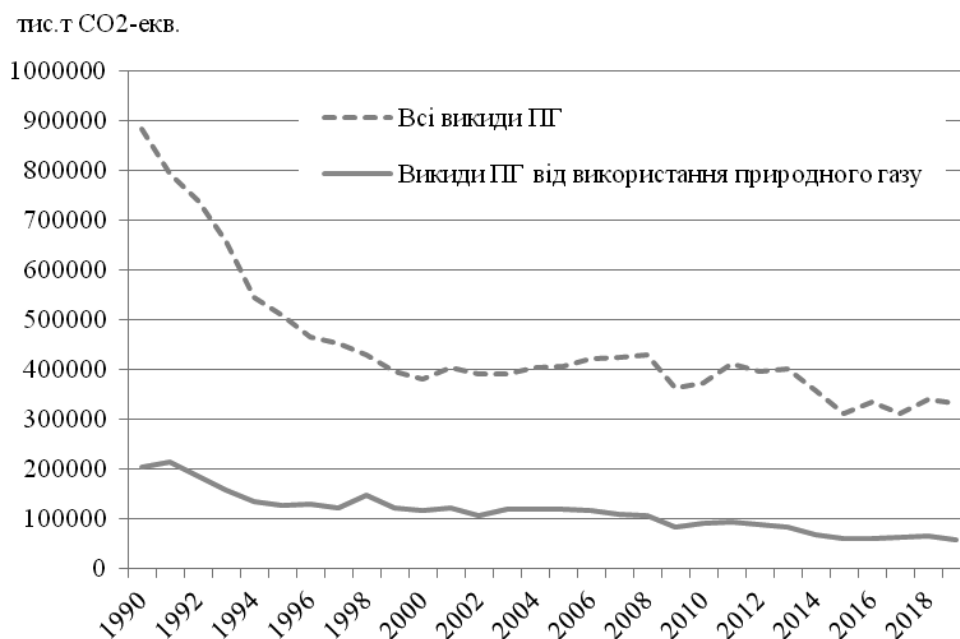


Рисунок. Динаміка викидів парникових газів в Україні

згідно з структурою КВЕД-у, розрахунки викидів ПГ виконувались відповідно до Методичних рекомендацій [18, 19]. Коефіцієнти викидів ПГ приймалися за даними таблиць Загального формату звітності (ЗФЗ) за 2018–2019 рр. [17].

Розраховані обсяги викидів ПГ (табл. 5) і наведені в [17] за 2017 р. не співпадають, причиною чого є різні дані щодо обсягу споживання природного газу в кадастрі (34309 млн м³ (Actual consumption, total) [20], що включає споживання на тимчасово окупованих територіях) та за даними Держстату (31501,5 млн м³).

Для консервативного сценарію розвитку економіки [10] прогнозується зменшення викидів ПГ до 2030 р. (на 5% у 2025 р. і на 3,8% у 2030 р.) і

подальше зростання на 2,8% у 2040 р. від рівня 2017 р. Зниження викидів ПГ від споживання природного газу на фоні зростання його споживання пояснюється різними коефіцієнтами перерахунку для різних секторів економіки.

У звіті з моделювання, підготовленого в рамках проекту ЄБРР «Підтримка уряду України щодо оновлення НВВ України для Паризької угоди» [21], представлено 3 сценарії викидів ПГ. Згідно з сценарієм 2, який розроблявся для умов реалізації поточної політики – комплексного впливу своєчасної та повної реалізації чинного законодавства (станом на 1 вересня 2019 р.), у 2030 р. прогноуються викиди ПГ на рівні 252,7 млн т CO₂-екв., у 2050 р. – 267,3 млн т CO₂-екв.

Таблиця 5. Розрахункові та прогнозні викиди парникових газів від використання природного газу до 2040 р., тис. т CO₂-екв.

Споживачі	2017	2025	2030	2035	2040
А Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	727,2	1170,3	1409,5	1534,4	1596,5
В Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	4096,3	4743,7	5076,8	5531,4	5856,4
С Переробна промисловість	11189,2	12894,1	14171,8	16578,0	18353,6
D+E Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря + Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	15234,0	16676,4	15893,8	16467,9	16216,6
Н Транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність	4432,5	2661,2	2719,9	2745,4	2543,0
Інші ВЕД	1700,9	2362,3	3035,0	3642,4	3868,3
Населення	21794,9	15638,1	14587,7	14271,8	13706,5
Країна усього (без втрат та витоків)	59174,9	56146,1	56894,5	60771,3	62140,9

Прогноз попиту на природний газ виконано для консервативного сценарію [10], для якого прийнято повільні зміни в структурі економіки країни. Для оцінювання частки викидів від використання природного газу від обсягу всіх викидів обрано сценарій 2 [21], умови якого найбільше відповідають умовам консервативного сценарію [10].

Частка викидів ПГ від використання природного газу (без врахування втрат та витоків) за прогнозний період зростає від 17,3% у 2020 р. до 24% – у 2040 р.

Згідно з [19], у 2017 р. витоки від поводження з природним газом разом склали 1764,06 тис. т CO₂ та 1058,57 тис. т метану, що складає 28228 тис. т CO₂-екв., в т.ч. витоки від магістрального транспортування та при зберіганні (Transmission and storage) – 26,54 тис. т метану, від розподілу 37,09 млрд м³ (Distribution) – 496,74 тис. т метану.

Окремим питанням є визначення прогнозного обсягу викидів ПГ від витоків, пов'язаних з поводженням з природним газом. У статті оцінено прогнозні втрати газу в розділі КВЕД «35.22 Розподілення газоподібного палива через місцеві (локальні) трубопроводи» як відсоток від споживання газу в країні з урахуванням впровадження заходів для зменшення втрат та викидів ПГ від них. Викиди від цих втрат складуть: 2017 р. – 9337,6 тис. т CO₂-екв., 2025 р. – 8499,1 тис. т CO₂-екв., 2030 р. – 8265,9 тис. т CO₂-екв., 2035 р. – 8475,3 тис. т CO₂-екв., 2040 р. – 8318,3 тис. т CO₂-екв. Оцінка прогнозних викидів ПГ від всіх витоків потребує окремого дослідження та має бути виконана для оцінки прогнозних викидів у країні в цілому.

Результати показують, що викиди ПГ від втрат природного газу в секції D (розділ 4 колонка 2 форми 4-МТП) зменшаться з 15,8% у 2017 р. до 13,4% у 2040 р. від загальних викидів ПГ від споживання газу. Зазначені викиди ПГ (від втрат) є суттєвими: для порівняння вони склали 83,5% від викидів ПГ від використання газу у переробній промисловості. Тому одним з важливих та дієвих шляхів зменшення викидів ПГ є зменшення обсягу втрат та витоків.

Україна у НВВ2 поставила ціль скоротити викиди на 65% від рівня 1990 р., тобто до 309,5 тис. т CO₂-екв., викиди ПГ у 2017 р. були 312,6 тис. т CO₂-екв., у 2019 р. – 332,1 тис. т CO₂-екв. Згідно з результатами розрахунків, у 2030 р. викиди від споживання газу з втратами в секції D будуть 65,2 тис. т CO₂-екв. або 25,8% від викидів ПГ для сценарію 2 [21] (252,7 млн т CO₂-екв.), без втрат в секції D – 56,9 тис. т CO₂-екв. або 22,5 % (рівень частки викидів 2012 р.).

Результати розрахунків показують, що навіть за умови помірного економічного зростання, впровадження енергозберігаючих заходів і збіль-

шення обсягів виробництва товарів з високою доданою вартістю можливо зменшити обсяги викидів парникових газів від використання природного газу на 4% у 2030 р. порівняно з 2017 р.; після 2030 р. очікується зростання викидів ПГ. Для оцінки можливості виконання цілі, визначеної у 2-у Національно-визначеному внеску України до Паризької угоди [2], необхідно визначити прогнозні викиди ПГ не лише від використання вугілля [10] та природного газу, але й нафтопродуктів, а також оцінити викиди ПГ з інших джерел. Очевидно, що для зменшення викидів ПГ після 2030 р. необхідно впроваджувати заходи та технології для декарбонізації економіки країни.

ВИСНОВКИ

Наведено ретроспективний огляд споживання природного газу та викидів парникових газів від його використання. Викиди в країні в цілому скоротились на 62,4% з 1990 р. до 2019 р., викиди від використання природного газу скоротились за цей же час на 71,7%.

Визначено потенціал енергозбереження від структурних змін в економіці на рівні 5,2 млрд м³ та технологічний потенціал енергозбереження від впровадження енергозберігаючих заходів та заміщення природного газу іншими видами палива в теплогенеруючих установках, в т.ч. населенням, на рівні 7,5 млрд м³ у 2040 р.

З використанням розробленого в Інституті загальної енергетики НАН України методу прогнозування довгострокового попиту на енергоресурси виконано прогноз попиту на природний газ в Україні до 2040 р. для консервативного варіанту розвитку економіки з урахуванням структурних змін та технологічного енергозбереження в цілому по країні та за укрупненими секціями економіки за КВЕД і населенням. Прогнозується незначне зростання попиту на природний газ до 32,9 млрд м³ у 2040 р.

Обчислено прогноз викидів парникових газів від використання природного газу за групами споживачів та по країні в цілому. За умови помірного економічного зростання та впровадження енергозберігаючих заходів очікується зменшення викидів парникових газів від використання природного газу у 2030 р. порівняно з 2017 р. та поступове зростання після 2030 р., тому для зменшення викидів ПГ після 2030 р. необхідно впроваджувати заходи та технології для декарбонізації економіки країни.

Отримані результати дозволяють визначити найбільші джерела викидів парникових газів від споживання природного газу в економіці країни та зосередити подальші дослідження на визначенні шляхів зменшення викидів.

1. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. URL: <https://mepr.gov.ua/news/34424.html> (дата звернення: 17.09.2021).
2. Національно-визначений внесок України. *Сайт Мінекології*. 26 Липня 2021 р. URL: <https://mepr.gov.ua/news/33080.html> (дата звернення: 17.09.2021).
3. Міндовкілля представляє проєкт Другого національно визначеного внеску України до Паризької угоди. *Сайт Мінекології*. 5 Квітня 2021 р. URL: <https://mepr.gov.ua/news/37151.html> (дата звернення: 17.09.2021).
4. Остап Семерак: Уряд України підтримав Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. 12.04.2021. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ostap-semerak-uryad-ukrayini-pidtrimav-strategiyu-nizkovugleceвого-rozvitku-ukrayini-do-2050-roku> (дата звернення: 17.09.2021).
5. Кулик М.М., Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В., Спітківський А.І. Застосування методу комплексного прогнозування для визначення перспективного попиту енергетичні ресурси. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. Вип. 1(48). С. 5—15. <https://doi.org/10.15407/pge2017.01.005>
6. Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Станиціна В.В. Обґрунтування прогнозних обсягів потенціалу енергозбереження в укрупнених секторах економіки з урахуванням технологічних і структурних зрушень. *Проблеми загальної енергетики*. 2016. Вип. 4(47). С. 58—67. <https://doi.org/10.15407/pge2016.04.058>
7. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 17.09.2021).
8. Використання природного газу. *Сайт Нафтогазу*. URL: <https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23> (дата звернення: 17.09.2021).
9. Звіт про залишки і використання палива та пально-мастильних матеріалів (форма №4-МТП, річна) за 2017 рік. Київ: Державна служба статистики України.
10. Маляренко О.Є., Майстренко Н.Ю., Панченко Г.Г. Прогнозна оцінка зменшення викидів парникових газів від використання вугілля в економіці України. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 1(64). С. 60—67. <https://doi.org/10.15407/pge2021.01.060>
11. Маляренко О.Є., Станиціна В.В. Уточнення методики прогнозування попиту на паливо з оцінкою структурного потенціалу енергозбереження в енергетичному секторі. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. Вип. 1(56). С. 19—23. <https://doi.org/10.15407/pge2019.01.019>
12. Карп І.М., П'яних К.Є. Можливі обсяги економії та заміщення природного газу в Україні. *Енерготехнології та ресурсобереження*. 2012. № 1. С. 16—22. <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/127063/04-Карп.pdf?sequence=1>.
13. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».
14. Кулик М.М., Горбулін В.П., Кириленко О.В. Концептуальні підходи до розвитку енергетики України (аналітичні матеріали). Київ: Інститут загальної енергетики НАН України, 2017. 78 с.
15. Куц Г.О., Маляренко О.Є., Станиціна В.В., Богославська О.Ю. Оцінка стану та прогноз структури палива та енергії для систем тепlopостачання України з урахуванням регіональних особливостей. *Проблеми загальної енергетики*. 2017. Вип. 4(51). С. 23—32. <https://doi.org/10.15407/pge2017.04.023>
16. Маляренко О.Є., Євтухова Т.О. Фактичний стан та напрями зниження втрат палива і енергії у загальному енергоспоживанні країни. *Проблеми загальної енергетики*. 2013. Вип. 2(33). С. 5—14.
17. Ukraine. 2021 Common Reporting Format (CRF) Table. URL: <https://unfccc.int/documents/273456> (дата звернення: 17.09.2021).
18. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Т. 2. Энергетика. 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 (дата доступу: 17.09.2021).
19. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006. Т. 3. Промышленные процессы и использование продуктов. Глава 3. Выбросы химической промышленности. С. 3.11—3.19. URL: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/3_Volume3/V3_3_Ch3_Chemical_Industry.pdf#page=11&zoom=100,0,0 (дата звернення: 17.09.2021)
20. UKRAINE'S GREENHOUSE GAS INVENTORY 1990-2019. Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv, 2021. 557 p.
21. Support to the Government of Ukraine on Updating its Nationally Determined Contribution (NDC). Звіт 3 / Звіт з моделювання. URL: https://mepr.gov.ua/files/docs/klimatychna_polityka/%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%B7%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%9D%D0%92%D0%92.pdf (дата звернення: 17.09.2021).

Надійшла до редколегії: 27.09.2021