

УДК 622.232

**Віталій Макаров\***, к.т.н., <https://orcid.org/0000-0003-1068-5923>

**Микола Перов**, <https://orcid.org/0000-0002-0654-5648>

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

e-mail: [info@ienergy.kiev.ua](mailto:info@ienergy.kiev.ua)

\* Автор-кореспондент: [makarov-v-m@ukr.net](mailto:makarov-v-m@ukr.net)

## СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ ПРИ ПРОГНОЗОВАНИХ ЗМІНАХ СТРУКТУРИ ВИКОРИСТАННЯ ВУГІЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ В ЕКОНОМІЦІ КРАЇНИ

**Анотація.** У статті обґрунтовані прогнози економічно-доцільні обсяги виробництва готової вугільної продукції в Україні, а також її постачання за імпортом для забезпечення енергетичного балансу країни при гарантуванні енергетичної безпеки держави. Для визначення потенціалу видобутку вугілля в Україні використано математичну модель оптимізації структури видобувних потужностей вугільної галузі. Враховуючи потенціал видобутку вугілля державними шахтами України, розроблено сценарії розвитку вугільної галузі на період до 2040 р., в яких враховані фактори окупації частини територій Донбасу та оптимальні стратегії модернізації галузі. З використанням моделі оптимального забезпечення електроенергетики вугільною продукцією із врахуванням екологічних обмежень виконані прогнозні розрахунки забезпечення оптимальною структурою палива підприємств теплової електроенергетики України за базовим та песимістичним сценаріями розвитку вугільної галузі. В основу розрахунків прийнято прогноз виробництва електроенергії, розроблений НЕК «Укренерго». Розрахунки підтвердили можливість задоволення потреб теплових електростанцій вугільними продуктами вітчизняного виробництва до 2040 р. за наявного наразі рівня розвитку вугільної промисловості. З урахуванням прогнозу споживання вугілля в економіці країни та потенціалу його видобутку розроблено прогнозні баланси вугільної продукції за базовим та песимістичним сценаріями розвитку вугільної галузі України на період до 2040 р. У цих балансах враховано обсяги виробництва готової вугільної продукції в Україні, а також її постачання за імпортом, визначено експортний потенціал країни.

**Ключові слова:** вугільна промисловість, структура, сценарії, прогноз, баланс, вугільна продукція.

### 1. Вступ

В Україні вугілля – це єдиний енергоресурс, покладів якого достатньо на сотні років, що визначає його провідну роль у забезпеченні енергетичної безпеки держави. Проте державний сектор вугільної галузі України на сьогодні знаходиться у край критичному стані, як технічному, економічному так і в соціальному. Основним чинником, що заважає та перешкоджає розвитку галузі, є недостатній обсяг коштів для технічного переоснащення галузі, який на сьогодні не дає можливості забезпечити випереджаюче введення в експлуатацію виробничих потужностей.

У 2020 р. в Україні видобуток вугілля становив 28,9 млн т, у т. ч. 21,8 млн т енергетичного вугілля [1]. Середня зольність товарного вугілля була на рівні 40% при зольності видобутого вугілля 44,7%. Собівартість готової вугільної продукції підвищилась з 1944 грн/т у 2015 р. до 3613 грн/т у 2020 р.

На даний час процес забезпечення паливом теплової енергетики країни потребує окремої уваги з огляду на об'єктивно наявну нестабільність структури паливної бази вугілля в країні, суттєву невизначеність секторів споживання вугільної продукції.

Актуальність роботи полягає в об'єктивній необхідності адекватної оцінки ролі вугілля в паливному балансі України, обумовленій багатьма чинниками. Перш за все, це наявність та доступність покладів (паливної бази), прогнози продуктової структури вугільної продукції, підвищення частки відновлюваних джерел енергії в паливному балансі, інфраструктурні обмеження підсистеми імпортування, дефіцит окремих марочних груп вугільного палива на світовому ринку вугілля. Необхідність системного врахування цих чинників є визначальною передумовою розробки якісних прогнозів технологічного розвитку вугільної промисловості.

Зростання обсягів випуску готової продукції може бути досягнуто при сумісному реформу-

ванні шахтного фонду та вуглезбагачувальних підприємств. У свою чергу підприємства вуглезбагачення здатні підвищити випуск готової вугільної продукції з необхідними показниками якості внаслідок модернізації та належного використання технологій збагачення, зокрема застосування таких їх типів, що оптимально відповідають фактичному рівню якості видобутої гірничої маси. Таким чином, важливим аспектом проблеми прогнозування розвитку вугільного сектора економіки в цілому є технологічне узгодження процесів видобутку і збагачення вугілля.

Прагнення України до інтеграційних процесів з країнами Західної Європи неминуче буде супроводжуватись запровадженням більш жорстких екологічних вимог до функціонування підприємств, що видобувають, переробляють та споживають вугілля. Тому дослідження з оптимізації структури вугільної продукції різного технологічного призначення за її якістю із врахуванням показників якості власних запасів і імпортованого вугілля, нинішніх і перспективних вимог споживачів теплової генерації із врахуванням екологічних обмежень наразі є актуальним.

Забезпечення паливом національної економіки є одним з основних факторів прогнозування розвитку енергетики в Енергетичній стратегії України на період до 2035 р. [2]. Питанням надійності забезпечення та ефективності використання паливних ресурсів на енергетичних об'єктах присвячено зокрема роботи Г.Л. Краснянського [3] та ін. Окремі аспекти проблеми паливозабезпечення досліджувались в Раді по вивченню продуктивних сил України НАН України (Б.З. Піріашвілі) [4, 5], Національному інституті міжнародної безпеки (С.І. Пирожков) [6], Інституті економіки і прогнозування НАН України (В.Е. Лір) [7–9]. Окремі результати досліджень, виконаних в Інституті загальної енергетики НАН України, які були покладені в основу даної роботи, наведені в [10].

Метою статті є обґрунтування прогнозних економічно-доцільних обсягів виробництва готової вугільної продукції в Україні, а також її постачання за імпортом при гарантуванні енергетичної безпеки держави щодо постачання необхідних видів вугільних продуктів для забезпечення енергетичного балансу країни.

## 2. Методи та матеріали

Для визначення потенціалу видобутку вугілля в Україні використано математичну модель оптимізації структури видобувних потужностей вугільної галузі [11], яка, на відміну від відомих

загальногалузевих балансових оптимізаційних моделей, що використовують економічні показники, орієнтована на підвищення виробничої ефективності галузі за критерієм її загальної продуктивності. Модель, побудована як задача змішано-цілочисельного програмування, дозволила визначити оптимальну за критерієм максимізації обсягу власного видобутку множину варіантів технічного переобладнання шахт, що забезпечують конкурентоздатність галузі на світовому ринку та підвищення рівня енергетичної безпеки країни.

При розробленні прогнозу забезпечення вугіллям економіки країни використано математичну модель оптимізації забезпечення якісною вугільною продукцією економіки країни, в якій враховано вугільну продукцію не тільки для потреб енергетики, а й для інших споживачів за видами економічної діяльності та населенням. На відміну від відомих, модель поєднує детальне врахування техніко-економічних показників технологічного обладнання шахт і збагачувальних фабрик з алгоритмами узгодження потоків всіх видів вугільної продукції, що надало можливість прогнозувати структуру готової вугільної продукції із забезпеченням необхідних показників її якості у технологічному ланцюгу «шахта – збагачувальна фабрика – споживач» [12].

Модель оптимізації забезпечення вугільною продукцією економіки країни [12] є розвитком моделі оптимального забезпечення електроенергетики вугільною продукцією [10], до якої додано споживачів неенергетичних галузей економіки.

## 3. Результати та обговорення

Враховуючи доволі високий ступінь невизначеності майбутнього окупованих територій Донбасу, слід визнати, що ця невизначеність тією чи іншою мірою екстраполюється і на перспективи розвитку всієї вугільної промисловості України.

У табл. 1 представлено структуру вугільної промисловості на контрольованій українською владою території станом на 2013–2020 рр. і потенціал видобутку вугілля на період до 2040 р.

Враховуючи потенціал видобутку вугілля державними шахтами запропоновано наступні сценарії розвитку державного сектору вугільної галузі (табл. 2, 3).

*Перший сценарій (оптимістичний)* враховує роботу шахт забезпечених запасами вугілля (21 державна шахта), відновлення і розвиток буровугільного комплексу (розріз «Костянтинівський»), а також будівництво семи нових шахт на підконтрольній українській владі території.

Таблиця 1. Прогнозна структура вугільної промисловості на контрольованій українською владою території

Підприємство	Марка вугілля	Видобуток, тис. т												
		Факт						Прогноз						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	
ДП «ш. ім. М.С. Сургая»	Г	460	721	351	341	289	264	621	308	1140	1425	1520	1520	
ДП «ш/у Південнодонбаське № 1»	ДГ	954	890	691	498	448	465	416	169	950	1045	1050	1050	
ДП «Мирноградвугілля»														
ш. Родинська	Г	38	42	16	16	23	10	3						
ш. Центральна	Г	36	36	14	19	31	19	12	12					
ш. Каптална	Г	509	547	363	497	540	507	380	463	1425	1710	1900	1900	
ш. 5/6	Г	29	24	14	15	14	18	23	6					
<b>ВК «Краснолиманська»</b>	Ж	1404	930	643	443	378	45			1520	1615	1710	1710	
ДП «Селіввугілля»														
ш. Курахівська	ДГ	283	133	95	216	255	138	18	24	475	570	660	660	
ш. № 1/3 Новгородівська	Г	1011	636	792	618	64	10	258	787	950	950	950	950	
ш. Котляревська	Г	725	404	237	410	317	122	22	113	760	805	805	805	
ш. Україна	ДГ	141	111	125	150	174	126	62	9	620	660	660	660	
<b>ТОВ «ДТЕК Дوبرопіллявугілля»</b>														
ш. Дوبرопільська	Г	1247	890	600	445	1147	957	1368	904	1710	1900	2090	2090	
ш. Алмазна	Г	73	594	1034	949	485	738	930	544	950	1140	1420	1420	
ш. Піонер	Г	263	440	426	437	249	397	95	203	810	950	1140	1140	
ш. Новодонецька	Г	1034	674	369	440	248	906	970	694	1425	1615	1900	1900	
ш. Білицька	Г	258	96											
ДП «Горецьквугілля»														
ш. Центральна	Ж	276	191	145	169	186	171	149	138	285	285	285	285	
ш. Північна	Ж	128	73	55	41									
ш. Південна	К	32	14	0,04										
ш. Торецька	Ж	111	64	67	70	79	80	76	64	190	190	190	190	
<b>ПАТ «ш/у «Покровське»»</b>	К	8594	5188	4375	4302	4346	3976	5001	6132	7200	7200	7200	5700	
<b>ТДВ «ш. Білозірська»</b>	Г	1173	773	911	493	644	1122	854	559	1425	1710	1900	1900	
<b>ВАТ «Краснолиманське»</b>	Ж	734	1065	1755	1566	899	1039		124	810	810	810	810	
<b>ВАТ «Укрвуглебуд»</b>	Ж	466	231	104										
ДП «Первомайськвугілля»														
ш. Гошківська	ДГ	66	73	48	58	13	18	30	35	425	570	570	570	
ш. Гірська	Г	121	100	294	207	94	124	67	60	425	570	570	570	
ш. Золоте	Г	29	25	14	12	13	4	3	2	475	570	570	570	
ш. Карбоніт	Г	142	75	9	33	41	56	51	59	425	570	570	570	
ДП «Лисичанськвугілля»														
ш. ім. Г.Г. Капустіна	ДГ	47	40	53	30	29	17	24	18					
ш. Привольнянська	ДГ	14	25	43	18	5	13	13	17	475	570	665	665	
ш. Новодружеська	ДГ	12	10	20	19	22	9	11	11	665	850	855	855	

продовження табл. 1

Підприємство	Марка вугілля	Видобуток, тис. т												
		Факт						Прогноз						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035	2040	
ш. ім.Д.Ф.Мельникова	ДГ	450	570	429	130	180	251	130	23	665	760	760	760	
<b>ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»</b>														
ВСП ш. Степова	Г	1888	1680	1955	1993	2366	2183	2085	1431	1900	1900	1900	1900	
ВСП ш. Павлоградська	ДГ	2556	2261	1864	2245	2485	2523	2712	2565	2375	950			
ВСП ш. Ювілейна	Г	1336	1210	1628	1554	1692	1646	1638	1639	1330	1425	1425	1425	
ВСП ш. Благодатна	ДГ	1323	1814	1783	1723	1675	1465	1742	1011					
ВСП ш. Тернівська	ДГ	1344	1486	1764	1307	1603	1590	1552	1256	1235	1225			
ВСП ш. Самарська	ДГ	1783	1908	1669	1590	1711	1497	1631	1505	1615	1615			
ВСП ш. Дніпровська	ДГ	1590	934	1723	1541	1609	1389	1811	1665	1425	1425	1425	1425	
ВСП ш. ім.Героїв Космосу	ДГ	2541	2781	2846	3057	3290	3345	1658	2139	2850	2850	2850	2850	
ВСП ш. Західно-Донбаська	ДГ	2481	2542	2218	2276	2365	2573	2343	2147	2280	2090	2090	2090	
ВСП ш. ім.М.І.Сташкова	ДГ	1656	2303	1338	1124	1346	1801	1036	643	1520	1235			
<b>ДП «Львіввугілля»</b>														
ш. Великомоствівська	Г	229	283	280	226	255	279	163	156					
ш. Межирічанська	Г	161	266	228	179	183	167	200	242					
ш. Відродження	Г	162	278	295	214	203	137	224	126					
ш. Лісова	Г	221	275	263	253	252	310	222	231	285	285	285	285	
ш. Зарічна	Ж	78	42	0,1										
ш. Червоноградська	Г	303	311	351	252	232	222	213	207	570	665	760	760	
ш. Степова	Г	187	211	338	285	218	299	237	286	950	1235	1425	1425	
<b>ДВАТ ш. Надія</b>	Ж	169	194	228	186	203	160	101	59					
<b>ДП «Волиньвугілля»</b>														
ш/у Нововолинське	ДГ	96	90	20	0,4									
ш. Бужанська	ДГ	143	82	123	123	49	46	40	19	240	240	240	240	
ш. № 9 Нововолинська	ДГ	138	119	92	63	53	53	30	15					
<b>ДП «Трест Олександріярозрізд»</b>														
р-з Костянтинівський	Б									1425	1900	2280	2280	
<b>Шахти -новобудови</b>														
ш. № 10 Нововолинська	ДГ									855	855	855	855	
ш. Червоноградська № 3	ДГ									1425	1995	1995	1995	
ш. Красноліманська-Глибока	Ж									1425	2850	2850	2850	
ш. Лубельська	К									2850	4940	4940	4940	
ш. Добропільська-Капітальна	Г									2280	2280	2280	2280	
ш. Західно-Донбаська № 6/42	Г									1425	1425	1425	1425	
ш. Тягільська № 1	Г									1425	1425	1425	1425	
<b>ВСЬОГО:</b>		<b>41245</b>	<b>36755</b>	<b>35098</b>	<b>32833</b>	<b>33003</b>	<b>33287</b>	<b>31224</b>	<b>28818</b>	<b>47055</b>	<b>54635</b>	<b>61200</b>	<b>59700</b>	

Таблиця 2. Сценарії розвитку державного сектору вугільної промисловості України

Підприємство	Участь у сценарії	Підприємство	Участь у сценарії
<i>Державні шахти</i>		ш. Новодружеська	1, 2
ш. ім. М.С. Сургая	1, 2, 3	ш. ім. Д.Ф. Мельникова	1, 2, 3
ш/у Південнодонбаське № 1	1, 2, 3	ш. Лісова	1, 2, 3
ш. Капітальна	1, 2, 3	ш. Червоноградська	1, 2, 3
ш. Краснолиманська	1, 2, 3	ш. Степова	1, 2, 3
ш. Курахівська	1, 2	ш. Бужанська	1
ш. № 1/3 Новогродівська	1, 2, 3	<i>Буровугільний комплекс</i>	
ш. Котляревська	1, 2, 3	р-з Костянтинівський	1
ш. Україна	1, 2	<i>Шахти новобудови</i>	
ш. Центральна	1	ш. № 10 Нововолинська	1,2
ш. Торецька	1	ш. Червоноградська № 3	1
ш. Тошківська	1, 2	ш. Краснолиманська-Глибока	1
ш. Гірська	1, 2, 3	ш. Любельська	1
ш. Золоте	1, 2	ш. Добропільська-Капітальна	1
ш. Карбоніт	1, 2	ш. Західно-Донбаська № 6/42	1
ш. Привольнянська	1, 2	ш. Тяглівська №1	1

За цим сценарієм на модернізацію державних шахт до 2025 р. необхідно інвестувати (в цінах 2019 р.) біля 5 млрд грн, на будівництво нових шахт – 100–110 млрд грн. Для відродження буровугільної промисловості необхідно 3 роки і залучення до 5 млрд грн. У результаті впровадження прогресивних технологій видобутку вугілля на державних шахтах України обсяг видобутку зросте втричі, зольність видобутого вугілля зменшиться на 6%, собівартість 1 т готової вугільної продукції зменшиться в 2,2 рази.

Максимального видобутку вугілля (з урахуванням видобутку приватних шахт) 61,2 млн т (у т. ч. 40,9 млн т енергетичного вугілля газової групи) буде досягнуто у 2035 р. До 2040 р. видобуток зменшиться до 59,7 млн т (у т. ч. 40,9 млн т енергетичного вугілля газової групи).

Потенціал видобутку вугілля приватними шахтами визначено згідно Програми розвитку вугільної промисловості України на період до 2030 р. [13].

За другим сценарієм (базовим), через брак коштів на відновлення і розвиток буровугільного комплексу та будівництво нових шахт (крім шахти «Нововолинська № 10», кошти на введення в дію якої скоріш за все будуть виділені), розвиватись будуть тільки шахти забезпечені запасами вугілля, крім шахт ДП «Торецьквугілля» (дві шахти) та шахти «Бужанська» ДП «Волиньвугілля», прогностичний видобуток яких не перевищує 300 тис. т на рік. на підконтрольній українській владі території (всього 19 шахт).

За цим сценарієм максимального видобутку (з урахуванням видобутку приватних шахт) 46,3 млн т (у т. ч. 36,7 млн т енергетичного вугілля газової групи) буде досягнуто у 2030 р. До 2040 р. видобуток зменшиться до 41,8 млн т (у т. ч. 33,6 млн т енергетичного вугілля газової групи).

До третього (несимістичного) сценарію увійшли 11 шахт («Південнодонбаське № 1», «ім. М.С. Сургая», «1/3 «Новогродівська»,

**Таблиця 3.** Прогнозні сценарії видобутку вугілля на контрольованих українською владою територіях, тис т

Марка вугілля	2020 р. (факт)	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
<b>Оптимістичний сценарій</b>					
<i>Енергетичне вугілля</i>					
Б	–	1425	1900	2280	2280
Г	9032	16955	19425	26260	26260
ДГ	13271	18670	18935	14675	14675
<b>Всього енергетичне</b>	<b>22303</b>	<b>37050</b>	<b>40260</b>	<b>43215</b>	<b>43251</b>
<i>Коксівне вугілля</i>					
Ж	385	2805	4325	5845	5845
К	6132	7200	10050	12140	10640
<b>Всього коксівне</b>	<b>6517</b>	<b>10005</b>	<b>14375</b>	<b>17985</b>	<b>16485</b>
<b>Разом</b>	<b>28820</b>	<b>47055</b>	<b>54635</b>	<b>61200</b>	<b>59700</b>
<b>Базовий сценарій</b>					
<i>Енергетичне вугілля</i>					
Г		16955	19425	21130	21130
ДГ		18430	17270	12440	12440
<b>Всього енергетичне</b>		<b>35385</b>	<b>36695</b>	<b>33570</b>	<b>33570</b>
<i>Коксівне вугілля</i>					
Ж		2330	2425	2520	2520
К		7200	7200	7200	5700
<b>Всього коксівне</b>		<b>9530</b>	<b>9625</b>	<b>9720</b>	<b>8220</b>
<b>Разом</b>		<b>44915</b>	<b>46320</b>	<b>43290</b>	<b>41790</b>
<b>Песимістичний сценарій</b>					
<i>Енергетичне вугілля</i>					
Г		16055	18285	19990	19990
ДГ		14915	13195	8175	8175
<b>Всього енергетичне</b>		<b>30970</b>	<b>31480</b>	<b>28165</b>	<b>28165</b>
<i>Коксівне вугілля</i>					
Ж		2330	2425	2520	2520
К		7200	7200	7200	5700
<b>Всього коксівне</b>		<b>9530</b>	<b>9625</b>	<b>9720</b>	<b>8220</b>
<b>Разом</b>		<b>40500</b>	<b>41105</b>	<b>37885</b>	<b>36385</b>

«Котляревська», «Капітальна», «Краснолиманська», «Гірська», «ім. Д.Ф. Мельникова», «Степова», «Червоноградська» та «Лісова»), які наприкінці 2019 р. були визначені Міністерством енергетики та захисту довкілля, як ті що мають перспективу подальшого розвитку та беззбиткового рівня виробничо-господарської

діяльності за результатами розгляду програм розвитку виробничо-господарської діяльності державних вугледобувних підприємств у 2019 р., проектів програм на 2020 р. та подальшого перспективного розвитку [14].

За цим сценарієм максимального видобутку вугілля (з урахуванням видобутку приватних

шахт) 41,4 млн т (у т. ч. 31,5 млн т енергетичного вугілля газової групи) буде досягнуто у 2030 р. До 2040 р. видобуток поступово зменшиться до 36,4 млн т (у т. ч. 28,2 млн т газового вугілля).

З метою оцінки досяжних обсягів власного виробництва потрібних видів вугільної продукції доцільно застосувати показники якості вугілля як критерій узгодження заходів з технологічного переоснащення видобувних та збагачувальних підприємств. Це дозволить покращити структуру готової вугільної продукції, забезпечити можливість імпортування найбільш дефіцитних марок вугілля, гарантувати належний рівень енергетичної безпеки.

З використанням моделі оптимального забезпечення електроенергетики вугільною продукцією із врахуванням екологічних обмежень [10] виконані прогностичні розрахунки забезпечення оптимальною структурою палива підприємств теплової електроенергетики України за базовим та песимістичним сценаріями розвитку вугільної галузі. В основу розрахунків, результати яких наведені в табл. 4, прийнятий прогноз виробництва електроенергії, розроблений НЕК «Укренерго» [15].

Для забезпечення електроенергетики паливом в необхідних обсягах і з допустимими теплофізичними характеристиками для генерації розглянутих прогностичних обсягів електроенергії необхідна модернізація шахт на базі нового високопродуктивного вуглевидобувного обладнання, а також введення в експлуатацію нових лав на існуючих шахтах.

Крім того, надзвичайно важливим є відправлення на збагачувальні фабрики оптимальних обсягів видобутого вугілля, що є гарантією забезпечення електрогенеруючих підприємств паливом необхідної якості з мінімальними фінансовими витратами.

Для виробництва електроенергії у обсязі 39,4 тВт.год у 2025 р. знадобиться 18,5 млн т товарного вугілля. У 2040 р. знадобиться 14,5 млн т вугілля на виробництво 34 тВт.год електроенергії.

У період 2025–2040 рр. вугільними підприємствами буде вироблятися 21–24 млн т готової вугільної продукції (ГВП) енергетичного призначення за базовим сценарієм розвитку вугільної галузі та 20–28 млн т – за песимістичним сценарієм. Калорійність готової вугільної продукції буде на рівні 20,6–22,5 МДж/кг.

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. 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.

У межах пропонованого в цій роботі підходу вугільна галузь розглядається як багатопродуктова система взаємозв'язаних виробництв, узгоджених за обсягами та показниками якості, що забезпечує виконання умов енергетичної безпеки при постачанні вугільних продуктів.

З урахуванням прогнозу споживання вугілля в економіці країни, розробленим відділом «Ефективності енерговикористання та оптимізації енергоспоживання» Інституту загальної енергетики НАН України, та потенціалу його видобутку розроблено прогностичні баланси вугільної продукції за базовим та песимістичним сценаріями розвитку вугільної галузі України на період до 2040 р. (табл. 5).

Як бачимо, в прогнозі споживання присутні марки вугілля, які не видобуваються на підконтрольній Україні території, зокрема антрацитові марки вугілля А і П, а також марка ПС, необхідна при виробництві коксу.

За базовим сценарієм розвитку вугільної галузі для забезпечення економіки країни вугільною продукцією необхідно буде імпортувати 1–1,2 млн т антрациту, 0,6–2,7 млн т коксівного вугілля марки ПС та у 2040 р. – 1,6 млн т коксівного вугілля марок Ж і К. Разом з цим є можливість експорту 3,7–8,8 млн т газового вугілля марок Г і ДГ, а також у 2025 р. – 1,2 млн т коксівного вугілля марок Ж і К.

За песимістичним сценарієм розвитку вугільної галузі для забезпечення економіки країни вугільною продукцією необхідно буде імпортувати 1–1,2 млн т антрациту, 0,6–2,7 млн т коксівного вугілля марки ПС, у 2040 р. – 1,6 млн т коксівного вугілля марок Ж і К та у 2035–2040 рр. – 0,2–1,6 млн т вугілля марки Г для потреб металургії. Можливості експорту скорочуються до 2,7–3,3 млн т газового вугілля марок Г і ДГ у 2025–2030 рр., а також у 2025 р. – 1,2 млн т коксівного вугілля марок Ж і К.

Важливість результатів роботи визначається як безпековими аспектами загального енергетичного балансу країни, так і об'єктивно наявною необхідністю істотних змін структури вугільної галузі, що потребує значних капіталовкладень. Переважне споживання вугільного палива власного видобутку істотно

**Таблиця 4.** Оптиміальне забезпечення електроенергетики вугільною продукцією на період до 2040 р.

Рік	Базовий прогноз обсягів видобутку вугілля в Україні, тис. т		Максимально можлива генерація електроенергії, тВт.год	Генерація електроенергії			Оптиміальні результати розрахунків							
	Марка	Рядове вугілля		Умовного палива	Прогноз, тВт.год	Потреби вугільної продукції, тис. т		Відправлено вугілля на ЗФ, тис. т	Осяги ГВП, тис. т	В тому числі		Калорійність ГВП, МДж/кг	Витрати, млн грн.	
						умовне паливо	товарне вугілля			обсяги збагачення	рядове вугілля		ГВП	Податок на викиди
<b>Базовий сценарій розвитку вугільної галузі</b>														
<b>2025</b>	Г	16955	12033				13767,2	11242	8054,3	3187,8	20,2	26171		
	ДГ	18430	11563,3				13864,1	12748	8182,4	4565,9	24,5	26548		
	<b>Усього</b>	<b>35385</b>	<b>23597</b>	<b>65,5</b>	<b>39,35</b>	<b>14726,0</b>	<b>18541,9</b>	<b>23990</b>	<b>16236,7</b>	<b>7753,8</b>	<b>22,5</b>	<b>52719</b>	<b>1138</b>	
<b>2030</b>	Г	19425	13315				16020,9	12734	9329,9	3404,1	22,1	26145		
	ДГ	16035	10172,5				14276,7	10210	8451,9	1758,3	22,7	23582		
	<b>Усього</b>	<b>35460</b>	<b>23487</b>	<b>68,1</b>	<b>38,87</b>	<b>13918,3</b>	<b>17272,6</b>	<b>22944</b>	<b>17781,7</b>	<b>5162,4</b>	<b>22,3</b>	<b>49727</b>	<b>1080</b>	
<b>2035</b>	Г	21130	14499				18506,9	13563	10939,5	2623,1	20,9	31990		
	ДГ	12440	7934,3				11423,5	8042	7025,4	1016,5	22,0	16714		
	<b>Усього</b>	<b>33570</b>	<b>22434</b>	<b>66,0</b>	<b>38,87</b>	<b>13723,7</b>	<b>16789,5</b>	<b>21605</b>	<b>17964,9</b>	<b>3639,6</b>	<b>21,3</b>	<b>48703</b>	<b>1068</b>	
<b>2040</b>	Г	21130	14499				18572,3	13532	10974,0	2557,7	20,8	35372		
	ДГ	12440	7934,3				12144,5	7737	7441,1	295,5	21,1	6560		
	<b>Усього</b>	<b>33570</b>	<b>22434</b>	<b>66,0</b>	<b>33,96</b>	<b>11990,2</b>	<b>14463,4</b>	<b>21268</b>	<b>18415,0</b>	<b>2853,2</b>	<b>20,9</b>	<b>41932</b>	<b>921</b>	
<b>Песимістичний сценарій розвитку вугільної галузі</b>														
<b>2025</b>	Ге	16055	11030				2752,6	14916	1614,0	13302	21,5	40225		
	ДГе	14915	9335,0				2684,6	13877	1646,1	12230	19,8	14058		
	<b>Усього</b>	<b>30970</b>	<b>20365</b>	<b>56,5</b>	<b>39,35</b>	<b>14726,0</b>	<b>18541,9</b>	<b>28793</b>	<b>3260,2</b>	<b>25533</b>	<b>20,6</b>	<b>54282</b>	<b>1117</b>	
<b>2030</b>	Ге	18285	12475				13378,1	12787	7880,1	4906,9	22,5	38336		
	ДГе	11960	7599,9				11322,7	7391	6753,3	637,3	22,1	11604		
	<b>Усього</b>	<b>30245</b>	<b>20075</b>	<b>58,2</b>	<b>38,87</b>	<b>13918,3</b>	<b>17272,6</b>	<b>20178</b>	<b>14633,4</b>	<b>5544</b>	<b>22,3</b>	<b>49940</b>	<b>1078</b>	
<b>2035</b>	Ге	19990	13762				3904,0	18375	2288,8	16086	21,5	40386		
	ДГе	8175	5034,6				2012,4	7472	1309,6	6162,6	19,8	10476		
	<b>Усього</b>	<b>28165</b>	<b>18797</b>	<b>55,3</b>	<b>38,87</b>	<b>13723,7</b>	<b>16789,5</b>	<b>25847</b>	<b>3598,4</b>	<b>22249</b>	<b>21,0</b>	<b>50862</b>	<b>1066</b>	
<b>2040</b>	Ге	19990	13351				14053	14125	8188,1	5936,6	22,7	33233		
	ДГе	8175	5249,2				7182	5499	4505,8	993,4	22,0	9095		
	<b>Усього</b>	<b>28165</b>	<b>18600</b>	<b>54,7</b>	<b>33,96</b>	<b>11990,2</b>	<b>14463,4</b>	<b>19624</b>	<b>12693,9</b>	<b>6930</b>	<b>22,5</b>	<b>42328</b>	<b>943</b>	



Таблиця 5. Прогнозні баланси вугільної продукції на період до 2040 р., тис. т

Показники	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
<i>Базовий сценарій розвитку вугільної галузі</i>				
<b>Видобуток вугілля</b>	<b>44915</b>	<b>46320</b>	<b>43290</b>	<b>41790</b>
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)	35385	36695	33570	33570
А (А, П)	0	0	0	0
К (Ж, К)	9530	9625	9720	8220
ПС	0	0	0	0
<b>Споживання вугілля</b>	<b>37873,9</b>	<b>40153</b>	<b>42203,3</b>	<b>41864,7</b>
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)	27698,2	28783,5	29803,9	28408,0
А (А, П)	1200	1100	1100	1000
К (Ж, К)	8334,5	9625	9720	9787
ПС	641,1	644,4	1579,4	2669,6
<b>Імпорт</b>	<b>1841,1</b>	<b>1744,4</b>	<b>2579,4</b>	<b>5236,6</b>
У т.ч за марками: А (А, П)	1200	1100	1000	1000
К (Ж, К)				1567
ПС	641,1	644,4	1579,4	2669,6
<b>Експорт</b>	<b>8882,3</b>	<b>7911,5</b>	<b>3666,1</b>	<b>5162</b>
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)	7686,8	7911,5	3666,1	5162
К (Ж, К)	1195,5			
<i>Песимістичний сценарій розвитку вугільної галузі</i>				
<b>Видобуток вугілля</b>	<b>40500</b>	<b>41105</b>	<b>37885</b>	<b>36385</b>
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)	<b>30970</b>	<b>31480</b>	<b>28165</b>	<b>28165</b>
А (А, П)	0	0	0	0
К (Ж, К)	<b>9530</b>	<b>9625</b>	<b>9720</b>	<b>8220</b>
ПС	0	0	0	0
<b>Споживання вугілля</b>	<b>37873,9</b>	<b>40153</b>	<b>42203,3</b>	<b>41864,7</b>
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)	27698,2	28783,5	29803,9	28408
А (А, П)	1200	1100	1100	1000
К (Ж, К)	8334,5	9625	9720	9787
ПС	641,1	644,4	1579,4	2669,6
<b>Імпорт</b>	<b>1841,1</b>	<b>1744,4</b>	<b>4318,3</b>	<b>5479,6</b>
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)			1638,9	243
А (А, П)	1200	1100	1100	1000
К (Ж, К)				1567
ПС	641,1	644,4	1579,4	2669,6
<b>Експорт</b>	<b>4467,3</b>	<b>2696,5</b>		
У т.ч за марками: Г (Г, ДГ)	3271,8	2696,5		
К (Ж, К)	1195,5			

підвищить рівень енергетичної незалежності держави, зменшить вплив кризових явищ світової економіки, геополітичних факторів непереборної сили.

#### 4. Висновки

У цій статті представлено сценарії розвитку вугільної галузі, згідно з якими максимального видобутку вугілля, – 61 млн т, буде досягнуто у

2035 р. за оптимістичним сценарієм. За базовим і песимістичним сценаріями максимального видобутку, – 46 і 41 млн т, відповідно, буде досягнуто у 2030 р. До 2040 р., через вичерпаність запасів, видобуток скоротиться до 60, 42 і 36 млн т за оптимістичним, базовим та песимістичним сценаріями відповідно.

Розрахунки обсягів забезпечення теплової енергетики вугільними продуктами вітчизня-

ного виробництва підтвердили можливість задоволення потреб електростанцій до 2040 р. за наявного наразі рівня розвитку вугільної промисловості. Для виробництва електроенергії у обсязі 39,4 ТВт·год у 2025 р. знадобиться 18,5 млн т товарного вугілля. У 2040 р. знадобиться 14,5 млн т вугілля на виробництво 34 ТВт·год електроенергії.

Розроблені баланси вугільної продукції в економіці України показують, що за базовим та песимістичним сценаріями розвитку вугільної галузі необхідно буде імпортувати 1–1,2 млн т антрациту, 0,6–2,7 млн т коксівного вугілля марки ПС та у 2040 р. – 1,6 млн т коксівного вугілля марок Ж і К. Крім того за песимістичним сценарієм у 2035–2040 рр. необхідно буде імпортувати 0,2–1,6 млн т вугілля марки Г для потреб металургії. Разом з цим за базовим сценарієм є можливість експорту 3,7–8,8 млн т газового вугілля марок Г і ДГ, а також у 2025 р. – 1,2 млн т коксівного вугілля марок Ж і К. За песимістичним сценарієм можливості експорту скорочуються до 2,7–3,3 млн т газового вугілля марок Г і ДГ у 2025–2030 рр., а також у 2025 р. – 1,2 млн т коксівного вугілля марок Ж і К.

Результати роботи можуть бути використані при формування політики держави щодо надійного забезпечення якісною вугільною продукцією економіки України.

### Подяка

Автори статті щиро дякують завідувачу відділу «Ефективності енерговикористання та оптимізації енергоспоживання» Інституту загальної енергетики НАН України к.т.н., с.н.с. Олені Маляренко за надану інформацію щодо прогнозу споживання вугільної продукції при структурних змінах в економіці України.

### Посилання

1. Цены и статистика. Уголь. *Энергобизнес*. 2021. № 6/1199. С. 41.
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (дата звернення: 10.01.2022).
3. Краснянский Г.Л. Экономические аспекты развития топливно-энергетического комплекса России. М.: Изд-во АГН, 2000. 128 с.
4. Піриашвілі Б.З., Чиркін Б.П., Галиновський С.І., Чукаєва І.К. Енергозабезпечення України та оцінка його впливу на розвиток її економічного простору. *Економічний простір і динаміка розвитку продуктивних сил України: теоретико-методологічні основи дослідження*: монографія

/ за ред. д.е.н., проф., чл.-кор. НАН України Б.М. Данилишина. Київ: РВПС України НАН України, 2008. С. 182–90.

5. Пириашвили Б.З., Чиркин Б.П. Энергообеспечение Украины: состояние, основные проблемы и пути повышения. *Энергетическая политика Украины*. 2004. № 6. С. 181–189.
6. Пирожков С.І. Енергетична безпека України у контексті економічних реформ. *Стратегія економічного розвитку України*, 2001.
7. Лір В.Е. Аналіз та прогнозування енергетичного балансу України. *Економіка і прогнозування*. 2004. № 2. С. 101–115.
8. Лир В.Э. Энергетический баланс Украины – уравнение из неизвестных. Организационно-методологические аспекты разработки сводного энергетического баланса Украины. *Энергетическая политика Украины*. 2005. № 10(62). С. 4–9.
9. Лір В.Е., Подолець Р.З. Структурні зміни на ринках енергоресурсів та перспективний енергетичний баланс України. *Економіка України: стратегія і політика довгострокового розвитку*: монографія / за ред. акад. НАН України В.М. Гейця. Ін-т економічного прогнозування НАН України. Київ: Фенікс, 2003. С. 771–792.
10. Makarov V., Makortetskyi M., Perov M., Bilan T., Ivanenko N. Mathematical Model of Optimal Support of Thermal Energy with Coal Products Taking into Account Environmental Constraints. In: Zaporozhets A. (eds) *Systems, Decision and Control in Energy III. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 399. Springer, Cham, 2022. P. 75–88. [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3\\_4](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3_4).
11. Makarov V. Optimization of technological development of coal mining in Ukraine. *Economic system development trends: the experience of countries of Eastern Europe and prospects of Ukraine*: monograph / edited by authors. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2018. P. 345–363. [https://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-28-2\\_18](https://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-28-2_18).
12. Makarov V., Makortetskyi M., Perov M., Kaplin M., Novytskyi I. Mathematical model of optimization of coal production for energy and economy of the country. *Theoretical and scientific foundations in research in Engineering*: collective monograph. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2022. P. 463–469. <https://dx.doi.org/10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1.9.1>.
13. Програма розвитку вугільної промисловості України на період до 2030 р. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, Київ, 2012.
14. Протокол розгляду програм розвитку виробничо-господарської діяльності державних вугледобувних підприємств у 2019 році, проектів програм на 2020 рік та подальшого перспективного розвитку, 19 листопада – 4 грудня 2019 року. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable\\_article?art\\_id=245426660](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable_article?art_id=245426660) (дата звернення: 12.01.2022).

15. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2021/06/>

Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchykh-potuzhnostej-dlya-pokryttya-prognozovanogo-popytu-na-elektrychnu-energiyu-ta-zabezpechennya-neobhidnogo-rezervu-u-2020.pdf (дата звернення: 10.01.2022).

## SCENARIOS FOR THE DEVELOPMENT OF THE COAL INDUSTRY WITH PROJECTED CHANGES IN THE STRUCTURE OF THE USE OF COAL PRODUCTS IN THE COUNTRY ECONOMY

Vitaliy Makarov\*, PhD (Engin.), <https://orcid.org/0000-0003-1068-5923>

Mykola Perov, <https://orcid.org/0000-0002-0654-5648>

Institute of General Energy of NAS of Ukraine, 172, Antonovych Str., Kyiv, 03150, Ukraine;

e-mail: [info@ienergy.kiev.ua](mailto:info@ienergy.kiev.ua)

\* Corresponding author: [makarov-v-m@ukr.net](mailto:makarov-v-m@ukr.net)

**Abstract.** *The article substantiates the forecast of economically feasible volumes of production of finished coal products in Ukraine, as well as its supply by the import to ensure the energy balance of the country while ensuring energy security of the state. To determine the potential of coal production in Ukraine, a mathematical model of optimization of the structure of extractive capacities of the coal industry was used. Taking into account the potential of coal production by state mines of Ukraine, scenarios for the development of the coal industry for the period up to 2040 have been developed, which taken into account the factors of occupation of part of the territory of Donbas and optimal strategies for industry modernization. Using the model of optimal supply of electricity to coal products, taking into account environmental constraints, the forecast calculations of providing the optimal structure of fuel of thermal power companies of Ukraine according to the basic and pessimistic scenarios of the coal industry. As a base of calculations is accepted the forecast of electricity production was developed by NEC Ukrenergo. Calculations have confirmed the possibility of satisfying the needs of thermal power plants with coal products of domestic production until 2040 at the current level of development of the coal industry. Taking into account the forecast of coal consumption in the country's economy and the potential for its production, forecast balances of coal products were developed according to the basic and pessimistic scenarios of Ukraine's coal industry development for a period until 2040. These balances take into account the volume of production of finished coal products in Ukraine, as well as its supply by imports, and it has been defined the export potential of the country.*

**Keywords:** coal industry, structure, scenarios, forecast, balance, coal products.

## References

1. Tseny i statistika. Uhol. (2021). *Enerhobiznes*, 6/1199, 41 [in Russian].
2. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratchii Ukrainy na period do 2035 roku "Bezpeka, enerhoefektyvnist', konkurentospromozhnist'": Rozporyadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 18.08.2017 No. 605-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (Last accessed: 10.01.2022) [in Ukrainian].
3. Krasnyanskiy, G.L. (2020). *Ekonomicheskkiye aspekty razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa Rossii*. M.: Izd-vo AGN. 128 p. [in Russian].
4. Piriashvili, B.Z., Chyrkin, B.P., Halynovs'kyi, Ye.I., & Chukayeva, I.K. (2008). *Enerhozabezpechennya*

- Ukrayiny ta otsinka yoho vplyvu na rozvytok yiyi ekonomichnoho. *Ekonomichnyy prostir i dynamika rozvytku produktyvnykh syl Ukrayiny: teoretyko-metodolohichni osnovy doslidzhennya*: monohrafiya / za red. d.e.n., prof., chl.-kor. NAN Ukrayiny B.M.Danylyshyna. Kyiv: RVPS Ukrayiny NAN Ukrayiny, 182–90 [in Ukrainian].
5. Piriashvili, B.Z., & Chirkin, B.P. (2004). *Energoobespecheniye Ukrainy: sostoyaniye, osnovnyye problemy i puti povysheniya. Energeticheskaya politika Ukrainy*, 6, 181–189 [in Russian].
6. Pyrozchkov, S.I. (2001). *Enerhetychna bezpeka Ukrayiny u konteksti ekonomichnykh reform*.

*Stratehiya ekonomichnoho rozvytku Ukrainy* [in Ukrainian].

7. Lir, V.E. (2004). Analiz ta prohnozuvannya enerhetychnoho balansu Ukrainy. *Ekonomika i prohnozuvannya*, 2, 101–115 [in Ukrainian].

8. Lir, V.E. (2005). Energeticheskiy balans Ukrainy – uravneniye iz neizvestnykh. Organizatsionno-metodologicheskiye aspekty razrabotki svodnogo energeticheskogo balansu Ukrainy. *Energeticheskaya politika Ukrainy*, 10(62), 4–9 [in Russian].

9. Lir, V.E., & Podolets', R.Z. (2003). Strukturni zminy na rynkakh enerhoresursiv ta perspektyvnyy enerhetychnyy balans Ukrainy. *Ekonomika Ukrainy: stratehiia i polityka dovrostokovoho rozvytku*: monohrafiya / za red. akad. NAN Ukrainy V.M. Heytsya. In-t ekonomichnoho prohnozuvannya NAN Ukrainy. Kyiv: Feniks, 771–792 [in Ukrainian].

10. Makarov, V., Makortetskiy, M., Perov, M., Bilan, T., & Ivanenko, N. (2022). Mathematical Model of Optimal Support of Thermal Energy with Coal Products Taking into Account Environmental Constraints. In: A. Zaporozhets (ed.) *Systems, Decision and Control in Energy III. Studies in Systems, Decision and Control*, 399, 75–88. Springer, Cham. [https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3\\_4](https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-87675-3_4)

11. Makarov, V. (2018). Optimization of technological development of coal mining in Ukraine. *Economic system development trends: the experience of countries of Eastern Europe and prospects of Ukraine*: monograph / edited by authors. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 345–363. [https://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-28-2\\_18](https://dx.doi.org/10.30525/978-9934-571-28-2_18)

12. Makarov, V., Makortetskiy, M., Perov, M., Kaplin, M., & Novytskyi, I. (2022). Mathematical model of optimization of coal production for energy and economy of the country. *Theoretical and scientific foundations in research in Engineering: collective monograph*. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 463–469. <https://dx.doi.org/10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.1.9.1>

13. Prohrama rozvytku vuhil'noyi promyslovosti Ukrainy na period do 2030 r. (2012). Kyiv: Ministerstvo enerhetyky ta vuhil'noyi promyslovosti Ukrainy [in Ukrainian].

14. Protokol rozhlyadu proqram rozvytku vyrobnycho-hospodars'koyi diyal'nosti derzhavnykh vuhledobuvnykh pidpryyemstv u 2019 rotsi, proektivnyy proqram na 2020 rik ta podal'shoho perspektyvnoho rozvytku, 19 lystopada – 4 hrudnya 2019 roku. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable\\_article?art\\_id=245426660](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable_article?art_id=245426660) (Last accessed: 12.01.2022) [in Ukrainian].

15. Zvit z otsinky vidpovidnosti (dostatnosti) heneruyuchykh potuzhnostey dlya pokryttya prohnozovanoho popytu na elektrychnu enerhiyu ta zabezpechennya neobkhidnoho rezervu u 2020 rotsi. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2021/06/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyhpotuzhnostej-dlya-pokryttya-prognozovanogopopytu-na-elektrychnu-energiyu-ta-zabezpechennya-neobkhidnogo-rezervu-u-2020.pdf> (Last accessed: 10.01.2022) [in Ukrainian].

*Надійшла до редколегії: 21.02.2022*