

УДК 622.232

Віталій Макаров, канд. техн. наук, ст. досл., <https://orcid.org/0000-0003-1068-5923>
Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150,
Україна
e-mail: makarov-v-m@ukr.net

ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ВИПУСКУ ВУГІЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ У ПОВОЄННИЙ ПЕРІОД В УКРАЇНІ

Анотація. Метою дослідження є коригування раніше розроблених прогнозів розвитку вугільної промисловості України, а також визначення відповідних обсягів виробництва вугільної продукції для енергетики та економіки країни в цілому. У зв'язку з втратою всіх шахт Луганської області та окремих шахт Донецької області внаслідок повномасштабного вторгнення Росії в Україну було скориговано прогнозні сценарії розвитку вугільної промисловості України на період до 2040 р. Для коригування прогнозних сценаріїв розвитку вугільної промисловості використано програмну підсистему формування прогнозів видобутку вугілля в Україні в умовах нестабільності структури паливних баз країни, що виникають внаслідок дії чинників надзвичайної сили, зокрема воєнного стану, тимчасової окупації території, руйнування видобувних підприємств тощо. Програму створено з метою надання можливостей швидкої оцінки впливу наслідків надзвичайних ситуацій в країні на обсяги виробництва у вугільній галузі та подальшого їх врахування при розробці прогнозів забезпечення економіки паливом, енергетичного балансу країни в цілому. Програмне забезпечення створено на основі баз даних, деталізованих за об'єктами вуглевидобутку фахових прогнозів розвитку вугільної галузі, що враховують гірничо-геологічні, технологічні, економічні, соціальні особливості функціонування вуглевидобувних підприємств, а також можливі сценарії їх технологічного переобладнання, оптимізації виробничих ділянок, і дозволяє здійснювати коригування таких прогнозів шляхом зміни передбачуваного виробничого стану шахти у разі настання обставин непереборної сили. Відповідно до скоригованих сценаріїв визначено обсяги виробництва вугільної продукції для забезпечення потреб теплової енергетики, металургійної промисловості та інших галузей економіки на період до 2040 р.

Ключові слова: вугільна промисловість, видобуток, вугільна продукція, прогноз, розвиток, сценарії.

1. Вступ

Прогнозні запаси вугілля в Україні становлять 117,5 млрд т [1], у тому числі розвідані запаси – 56 млрд т, з них енергетичних марок – 39 млрд т, – цього достатньо для підтримки видобутку на нинішньому рівні протягом понад 400 років.

За даними Міненерговугілля, згодом Міненергетики, видобуток вугілля в Україні [2] скоротився станом на 1999 р. проти 1991 р. приблизно в 1,7 рази. Протягом 1999–2013 рр. рівень видобутку залишався практично незмінним у діапазоні 72–86 млн т вугілля на рік.

У 2014–2023 рр. через воєнні дії спостерігається катастрофічне падіння вуглевидобування. У 2014 р. видобуток вугілля впав до 65 млн т, а у 2021 р. вже становив 29,5 млн т (за 2022–2023 рр. інформація відсутня).

Після початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну чверть державних шахт опинилась на тимчасово захопленій території [3].

Загалом з 24.02.2022 р. у вуглевидобувних районах Донбасу затоплено 10 вугільних шахт [4]. На Донеччині у Вугледарі через обстріл затоплено шахту «Південнодонбаська № 3 ім. М.С. Сургая». Це одна з найновіших шахт, яка мала 130 млн т вугілля балансових запасів, вміст сірки становив 0,9–1,8 %. Поруч із нею затоплено шахту «Південнодонбаська № 1».

В Луганській області від початку повномасштабного вторгнення Росії було затоплено 8 вугільних шахт – 4 шахти ДП «Первомайськвугілля» та 4 шахти ДП «Лисичанськвугілля».

Таким чином, через втрату всіх шахт Луганської області та окремих шахт Донецької області, внаслідок повномасштабного вторгнення Росії, раніше розроблені прогнози розвитку вугільної промисловості України [5–8] потребують коригування.

На даний час процес забезпечення паливом теплової енергетики та економіки країни потребує окремої уваги з огляду на об'єктивно наявну нестабільність структури паливної бази вугілля в країні, суттєву невизначеність секторів споживання вугільної продукції [9–13].

Методичними питаннями оптимізації розвитку вугільної промисловості займалось багато українських та зарубіжних вчених. Серед українських слід відзначити розробки: Кияшка Ю.І., ІТМ НАН України (математична модель оцінки ефективності роботи шахт при різних варіантах використання очисного обладнання) [14]; Акмаєва А.І., ДонДТУ (методичні рекомендації по економічному аналізу діяльності вуглевидобувних підприємств) [15]; Амоші О.І., ІЕП НАН України (формування державної політики щодо вугільної промисловості з урахуванням інтеграції у світову економіку) [16]; Кулика М.М., ІЗЕ НАН України (моделі оптимізації розвитку вугільної промисловості) [17]; Алавердяна Л.М. (економіко-математична модель оптимального розвитку вугільної промисловості України) [18]; Павленка І.І. (прогнозування розвитку вугільної галузі при обмежених інвестиціях) [19] та інших [20, 21].

Проте ці дослідження не враховували зв'язок шахтного фонду з переробними підприємствами та об'єктами енергетики, і тому їх результати носять фрагментарний характер.

В Інституті загальної енергетики НАН України виконано ряд досліджень щодо визначення основоположних напрямків розвитку вугільної промисловості [22, 23].

Дослідження зазначеної проблеми іноземними фахівцями стосуються особливостей функціонування вуглевидобувної та переробної промисловості інших країн і не враховують умов енергозабезпечення економіки України, поетапної реорганізації вугільної галузі. Серед закордонних розробок слід відзначити: короткострокову модель попиту і пропозиції на ринках вугільної продукції (J. Henderson, Harvard University, США) [24]; модель прогнозування видобутку вугілля по регіонах країни (J. Green, Department of Agriculture, США) [25]; модель реструктуризації вугільної галузі (W. Suwala, Польща) [26] та інші [27–30].

У зв'язку з цим актуальним є створення математичних моделей та програмних засобів для оптимізації розвитку вугільної промисловості з урахуванням сучасних вимог.

Метою даного дослідження є коригування раніше розроблених прогнозів розвитку вугільної промисловості України, а також визначення відповідних обсягів виробництва вугільної продукції для енергетики та економіки країни в цілому.

2. Методи та матеріали

Для коригування прогнозних сценаріїв розвитку вугільної промисловості використано програмну підсистему формування прогнозів видобутку вугілля в Україні в умовах нестабільності структури паливних баз країни, що виникають внаслідок дії чинників надзвичайної сили, зокрема воєнного стану, тимчасової окупації території, руйнування видобувних підприємств тощо. Ця програмна підсистема являє собою інструмент коригування або перегляду вихідних базових прогнозів, що розробляються фахівцями вугільної галузі на довгострокову перспективу й згідно з декількома сценаріями, в залежності від факторів зовнішнього впливу на функціонування вуглевидобування в країні [5].

Підсистему розроблено у вигляді програми-додатка електронної таблиці Microsoft Excel на мові Visual Basic for Applications (VBA). Програмно-інформаційний засіб засновано на:

- відповідних прогнозах обсягів видобутку вугілля, розроблених в Інституті загальної енергетики НАН України, з деталізацією за окремими видобувними підприємствами з урахуванням виробничої потужності шахт, можливих змін їх технологічного устаткування, вичерпання запасів тощо, вміщених до інформаційних баз у форматі аркушів електронної таблиці Microsoft Excel;

- зовнішній інформації щодо територіальної належності кожного вуглевидобувного підприємства, яка має вказуватись на поточний момент роботи з програмним засобом або згідно з

увлєннями користувача про таку належність на час або перїод прогнозування (прогнознїй рїк), у виглядї певної бїнарної змїнної стану: працює / не працює або постачає в економіку України / не постачає тощо.

3. Результати

Враховуючи потенціал видобутку вугїлля станом на 24.02.2022 р., запропоновано наступні сценарїї розвитку вугїльної галузї (табл. 1).

Таблиця 1. Прогнознї сценарїї видобутку вугїлля на контрольованих українською владою територїях, тис т

Марка вугїлля [31]	2021 р. (факт)	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
Оптимїстичний сценарїї					
<i>Енергетичне вугїлля</i>					
Б	-	1425	1900	2280	2280
Г	16804	17525	20040	26875	26875
ДГ	5966	18670	18935	14675	14675
Всього енергетичне	22770	37620	40875	43830	43830
<i>Коксівне вугїлля</i>					
Ж	393	2805	4325	5845	5845
К	6223	7200	10050	12140	10640
Всього коксівне	6616	10005	14375	17985	16485
Разом	29386	47625	55250	61815	60315
Базовий сценарїї					
<i>Енергетичне вугїлля</i>					
Г		17525	20040	21745	21745
ДГ		18670	17510	12680	12680
Всього енергетичне		36195	37550	34425	34425
<i>Коксівне вугїлля</i>					
Ж		2330	2425	2520	2520
К		7200	7200	7200	5700
Всього коксівне		9530	9625	9720	8220
Разом		45725	47175	44145	42645
Песимїстичний сценарїї					
<i>Енергетичне вугїлля</i>					
Г		16055	18285	19990	19990
ДГ		14915	13195	8175	8175
Всього енергетичне		30970	31480	28165	28165
<i>Коксівне вугїлля</i>					
Ж		2330	2425	2520	2520
К		7200	7200	7200	5700
Всього коксівне		9530	9625	9720	8220
Разом		40500	41105	37885	36385

Першїй сценарїї (оптимїстичний) враховує роботу шахт, забезпечених запасами вугїлля, вїдновлення і розвиток буровугїльного комплексу (розрїз «Костянтинївський»), а також будївництво семи нових шахт на пїдконтрольній українській владї територїї. Потенціал видобутку вугїлля приватними шахтами визначено згїдно з «Програмою розвитку вугїльної промисловостї України на перїод до 2030 р.» [32].

За цим сценарїєм максимального видобутку вугїлля 61,8 млн т (у т. ч. 41,6 млн т енергетичного вугїлля газової групи) буде досягнуто у 2035 р. До 2040 р. видобуток зменшиться до 60,3 млн т (у т. ч. 41,6 млн т енергетичного вугїлля газової групи).

За *другим сценарїєм (базовим)*, через брак коштів на вїдновлення і розвиток буровугїльного комплексу та будївництво нових шахт (крїм шахти «Нововолїнська № 10», кошти на введення в дїю якої скорїш за все будуть видїленї), розвиватись будуть тїльки шахти, забезпеченї запасами вугїлля,

крім шахт ДП «Торецьквугілля» (дві шахти) та шахти «Бужанська» ДП «Волиньвугілля», прогнозний видобуток яких не перевищує 300 тис. т на рік.

За цим сценарієм максимального видобутку 47,2 млн т (у т. ч. 37,6 млн т енергетичного вугілля газової групи) буде досягнуто у 2030 р. До 2040 р. видобуток зменшиться до 42,6 млн т (у т. ч. 34,4 млн т енергетичного вугілля газової групи).

До *третього (песимістичного)* сценарію увійшли, крім приватних шахт, 11 державних шахт («Південнодонбаське № 1», «ім. М.С. Сургая», «1-3 «Новгородівська», «Котляревська», «Капітальна», «Краснолиманська», «Гірська», «ім. Д.Ф. Мельникова», «Степова», «Червоноградська» та «Лісова»), які наприкінці 2019 р. були визначені Міністерством енергетики та захисту довкілля як такі, що мають перспективу подальшого розвитку та безбиткового 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 [33].

За цим сценарієм максимального видобутку вугілля (з урахуванням видобутку приватних шахт) 41,1 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).

У зв'язку з втратою всіх шахт Луганської області та окремих шахт у Донецькій області внаслідок повномасштабного вторгнення Росії в Україну, з використанням програмної підсистеми прогнозування обсягів видобутку вугілля в Україні за марками та технологічним призначенням в умовах нестабільності структури паливних баз країни було скориговано прогнозні сценарії розвитку вугільної промисловості на період до 2040 р., які представлено в табл. 2. Оптимістичний сценарій не розглядається через те, що у повоєнний період навряд чи будуть кошти на відновлення буровугільного комплексу та будівництво нових шахт.

Таблиця 2. Скориговані прогнозні сценарії видобутку вугілля на контрольованих українською владою територіях, тис т

Марка вугілля	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
Базовий сценарій				
<i>Енергетичне вугілля</i>				
Г	15060	16905	18515	18515
ДГ	15490	13715	8780	8780
Всього енергетичне	30550	30620	27295	27295
<i>Коксівне вугілля</i>				
Ж	2330	2425	2520	2520
К	7200	7200	7200	5700
Всього коксівне	9530	9625	9720	8220
Разом	40080	40245	37015	35515
Песимістичний сценарій				
<i>Енергетичне вугілля</i>				
Г	14490	16290	17900	17900
ДГ	13300	11390	6365	6365
Всього енергетичне	27790	27680	24265	24265
<i>Коксівне вугілля</i>				
Ж	2330	2425	2520	2520
К	7200	7200	7200	5700
Всього коксівне	9530	9625	9720	8220
Разом	37320	37305	33985	32485
Разом	37320	37305	33985	32485

Згідно зі скоригованими сценаріями розвитку вугільної промисловості, за базовим сценарієм максимального видобутку 40,2 млн т (у т. ч. 30,6 млн т енергетичного вугілля газової групи) буде досягнуто у 2030 р. За песимістичним сценарієм максимального видобутку 37,3 млн т (у т. ч. 27,8 млн т енергетичного вугілля газової групи) буде досягнуто у 2025 р. До 2040 р., через вичерпаність запасів,

видобуток скоротиться до 35,5 млн т і 32,5 млн т (у т. ч. 27,3 млн т і 24,3 млн т енергетичного вугілля газової групи) за базовим та песимістичним сценаріями відповідно.

Враховуючи, що вихід вугільної продукції для теплових електростанцій складає 64 % від видобутку рядового вугілля газової групи (для антрациту, який знаходиться на неконтрольованій території, – 70 %), а для потреб металургії – 56 %, було проведено розрахунки обсягів випуску вугільної продукції енергетичного призначення та для коксування за базовим і песимістичним сценаріями (табл. 3).

Таблиця 3. Прогноз обсягів випуску вугільної продукції, тис т

Марка вугілля	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
Базовий сценарій				
<i>Енергетичне вугілля</i>				
Г	9638	10819	11850	11850
ДГ	9914	8778	5619	5619
Всього енергетичне	19552	19597	17469	17469
<i>Коксівне вугілля</i>				
Ж	1305	1358	1411	1411
К	4032	4032	4032	3192
Всього коксівне	5337	5390	5443	4603
Разом	24889	24987	22912	22072
Песимістичний сценарій				
<i>Енергетичне вугілля</i>				
Г	9274	10426	11456	11456
ДГ	8512	7290	4074	4074
Всього енергетичне	17786	17716	15530	15530
<i>Коксівне вугілля</i>				
Ж	1305	1358	1411	1411
К	4032	4032	4032	3192
Всього коксівне	5337	5390	5443	4603
Разом	23123	23106	20973	20133

За базовим сценарієм у 2030 р. обсяги виробництва вугільної продукції для енергетики становитимуть 19,6 млн т, за песимістичним – 17,7 млн т. До 2040 р. обсяги виробництва вугільної продукції для енергетики скоротяться до 17,5 млн т за базовим сценарієм та 15,5 млн т за песимістичним.

Обсяги виробництва вугільної продукції для металургії у 2030 р. становитимуть 5,4 млн т за обома сценаріями, до 2040 р. обсяги виробництва скоротяться до 4,6 млн т.

Враховуючи те, що на даний час існує реальна загроза затоплення шахти «Центральна» ДП «Мирноградвугілля» та шахти «Курахівська» ДП «Селидіввугілля», де вже затоплені нижні горизонти [4], було проведено розрахунки скоригованого прогнозного базового сценарію видобутку вугілля (табл. 4) та виробництва вугільної продукції (табл. 5) енергетичного призначення за другим варіантом – без врахування цих шахт.

Таблиця 4. Скоригований базовий сценарій видобутку енергетичного вугілля (варіант 2), тис т

Марка вугілля	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
Г	15060	16905	18515	18515
ДГ	15015	13145	8120	8120
Всього енергетичне	30075	30050	26635	26635

Таблиця 5. Прогноз обсягів випуску вугільної продукції енергетичного призначення (варіант 2), тис т

Марка вугілля	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2040 р.
Г	9638	10819	11850	11850
ДГ	9610	8413	5197	5197
Всього енергетичне	19248	19232	17046	17046

За цим варіантом максимального видобутку вугілля (виробництва вугільної продукції) енергетичного призначення 30,0 (19,2) млн т буде досягнуто у 2025 р. за базовим сценарієм. До 2040 р. показники впадуть до 26,6 (17,1) млн т.

4. Висновки

У статті представлено результати розрахунків скоригованих прогнозних сценаріїв розвитку вугільної промисловості України із застосуванням програмної підсистеми формування прогнозів видобутку вугілля за марками та технологічним призначенням в умовах нестабільності структури паливних баз країни, яка може виникнути внаслідок дії чинників надзвичайної сили, зокрема воєнного стану, тимчасової окупації території, руйнування видобувних підприємств тощо.

Втрата усіх шахт Луганської області та окремих шахт у Донецькій області внаслідок повномасштабного вторгнення Росії в Україну призведе до зменшення сукупних обсягів видобутку вугілля в Україні на 5,6 млн т і 6,9 млн т у 2025 і 2030 рр. відповідно та 7,1 млн т у 2035 і 2040 рр. за базовим сценарієм розвитку вугільної галузі. За песимістичним сценарієм зменшення обсягів видобутку вугілля буде від 3,2 млн т у 2025 р. до 3,9 млн т у 2040 р.

Відповідно до цих сценаріїв визначено обсяги виробництва вугільної продукції енергетичного та металургійного призначення. Максимального обсягу випуску вугільної продукції для енергетики 19,6 млн т буде досягнуто у 2030 р. за базовим сценарієм розвитку вугільної галузі та 17,8 млн т у 2025 р. за песимістичним сценарієм. Максимальних обсягів виробництва вугільної продукції для металургії 5,4 млн т буде досягнуто за обома сценаріями у 2030–2035 рр.

За другим варіантом базового сценарію (без шахт «Центральна» ДП «Мирноградвугілля» та шахти «Курахівська» ДП «Селидіввугілля») обсяги видобутку та виробництва вугільної продукції енергетичного призначення у 2025–2040 рр. ще скоротяться на 0,47–0,66 та 0,3–0,42 млн т відповідно.

Результати роботи можуть бути використані для швидкої оцінки впливу наслідків надзвичайних ситуацій в країні на обсяги виробництва у вугільній галузі та подальшого їх врахування при розробці прогнозів забезпечення паливом економіки та енергетичного балансу країни в цілому.

Фінансування

Дослідження виконано в межах проєкту «Підвищення ефективності та безпеки функціонування об'єднаної енергетичної системи шляхом електрифікації теплозабезпечення в Україні» (№ державної реєстрації 0123U100983), який фінансується за рахунок коштів бюджетної програми «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 6541230) згідно з постановою Президії НАН України від 28.12.2023 № 414.

Посилання

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071. *Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості*. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (дата звернення: 06.03.2023).
2. Інформація про роботу вугільного комплексу. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=245183238 (дата звернення: 06.03.2023).
3. Украина будет рассчитывать исключительно на собственную добычу угля. Минэнерго. URL: <https://www.unian.net/economics/energetics/ukraina-budet-rasschityvat-isklyuchitelno-na-sobstvennyuyu-dobychu-uglya-minenergetiki-11979951.html> (дата звернення: 06.03.2023).
4. За 4 місяця одкритої війни на подконтрольній частині Донеччини та Луганщини затопило 10 шахт, – глава профсоюзу. URL: <https://freeradio.com.ua/ru/za-4-mesiatsa-otkrytoi-voiny-na-podkontrolnoi-chasty-donetchynnyu-luhanshchynu-zatopylo-10-shakht-hlava-profsoiuza/> (дата звернення: 06.03.2023).
5. Макаров В., Каплін М., Білан Т., Перов М. Прогнозування обсягів видобутку вугілля в Україні. *Системні дослідження в енергетиці*. 2023. № 1(72). С. 35—45. <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.01.035>
6. Макаров В.М., Щербина Є.В., Крисанов Д.В. Прогнозні сценарії розвитку вугільної промисловості. *Проблеми загальної енергетики*. 2020. Вип. 2(61). С. 4—10. <https://doi.org/10.15407/pge2020.02.004>

7. Макаров В.М. Оцінка видобувного потенціалу державного сектору вугільної промисловості України. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 4(67). С. 21—29. <https://doi.org/10.15407/pge2021.04.021>
8. Макаров В.М., Перов М.О. Сценарії розвитку вугільної галузі при прогнозованих змінах структури використання вугільної продукції в економіці країни. *Проблеми загальної енергетики*. 2022. Вип. 1-2(68-69). С. 70—81. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.070>
9. Bilan T., Kaplin M., Makarov V., Perov M., Novitskii I., Zaporozhets A., Havrysh V., Nitsenko V. The Balance and Optimization Model of Coal Supply in the Flow Representation of Domestic Production and Imports: The Ukrainian Case Study. *Energies*. 2022. Vol. 15. Iss. 21. 8103. <https://doi.org/10.3390/en15218103>
10. Тесленко О.І., Горський В.В., Малярєнко О.Є. Аналіз тенденцій та напрямів розвитку теплової електроенергетики в Україні. *Проблеми загальної енергетики*. 2020. Вип. 1(60). С. 38—46. <https://doi.org/10.15407/pge2020.01.038>
11. Малярєнко О.Є., Майстрєнко Н.Ю., Горський В.В. Прогноз споживання палива та вугілля в Україні до 2040 р. за комплексним методом прогнозування енергоспоживання. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 3(66). С. 28—35. <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.028>
12. Костюковський Б.А., Рубан-Максимець О.О. Удосконалення методів формування прогнозного балансу палива для ТЕС генеруючих компаній при формуванні прогнозного балансу електроенергії ОЕС України. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 3(63). С. 23—27. <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.023>
13. Нечаєва Т.П. Моделювання забезпечення балансової надійності енергосистеми в умовах значних обсягів відновлюваної генерації. *Проблеми загальної енергетики*. 2022. Вип. 1-2(68-69). С. 42—49. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.042>
14. Кияшко Ю.И. Оценка эффективности работы шахт при различных вариантах применения очистного оборудования. *Уголь Украины*. 2001. № 5. С. 24—26.
15. Акмаев А.И., Белозерцев В.Н., Белозерцев Р.В. Новые подходы к анализу деятельности угледобывающих предприятий. *Уголь Украины*. 2006. № 2. С. 7—8.
16. Амоша О.І., Стариченко Л.Л., Череватський Д.Ю. Формування та реалізація державної політики стосовно вугільної промисловості з урахуванням інтеграції України у світову економіку: монографія. Донецьк: НАН України, Інститут економіки промисловості, 2013. 196 с.
17. Кулик М.М. Роль вугілля у формуванні паливно-енергетичних балансів та оптимізація розвитку вугільної промисловості України. *Проблеми загальної енергетики*. 2002. Вип. 1(6). С. 7—16.
18. Алавердян Л.М. Економіко-математична модель оптимального розвитку вугільної промисловості України. *Вісник МНТУ, серія «Економіка»*. 2010. № 1. С. 121—123.
19. Павленко И.И. Моделирование развития угольной промышленности Украины в условиях ограниченных инвестиций. *Економіка промисловості*. 2007. № 1. С. 105—111.
20. Малярєнко О.Є., Майстрєнко 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>
21. Лещенко І.С. Оцінка зменшення парникових газів вугільним сектором України для виконання міжнародних кліматичних угод. *Проблеми загальної енергетики*. 2022. Вип. 1-2(68-69). С. 139—149. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.139>
22. Білан Т.Р., Макаров В.М., Каплін М.І. Прогнозування рівнів розвитку вугільної галузі із врахуванням ризиків та критичних явищ у структурі її виробничого потенціалу в умовах світового ринку вугілля. *Проблеми загальної енергетики*. 2019. Вип. 1(56). С. 12—18. <https://doi.org/10.15407/pge2019.01.0012>
23. Макаров В.М., Білан Т.Р., Каплін М.І. Математичні моделі оптимізації обсягів постачання вугілля в економіку країни з урахуванням вимог енергетичної безпеки. *Економічна безпека національного енергетичного сектору в умовах глобалізації*: колективна монографія. За заг. ред. О.Л. Гальцевої. Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика». 2020. С. 88—104.
24. Henderson J.M. A short-run model for the coal industry. *The Review of Economics and Statistics*. 1955. Vol. 37. P. 336—346.
25. Green J. W. Western Energy: The Interregional Coal Analysis Model. In Natural Resource Economics Division; Economics, Statistics, and Cooperatives Service. *Technical Bulletin*. 1627. U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, USA, 1980. 267 p. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.157733>
26. Suwala W. Models of Coal Industry in Poland. *Gospodarka surowcami mineralnymi*. 2010. No 26. P. 41—52.
27. The National Energy Modeling System (NEMS): An Overview 2018. 2019. 73 p. URL: [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581\(2018\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581(2018).pdf) (дата звернення: 06.03.2023).

28. Coal Market Module of the National Energy Modeling System: Model Documentation. URL: <https://www.eia.gov/analysis/pdffiles/m060index.php> (дата звернення: 06.03.2023).
29. Haftendorn C., Holz F., von Hirschhausen C. COALMOD-World: A Model to Assess International Coal Markets Until 2030. Discuss. Pap. DIW Berl., 2010. 1067. 57 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1691593>
30. Zhao, L.-T., Liu, Z.-T., Cheng, L. How will China's coal industry develop in the future? A quantitative analysis with policy implications. *Energy*. 2021. Vol. 235. 121406. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121406>
31. ДСТУ 4083:2012. Вугілля кам'яне та антрацит для пиловидного спалювання на теплових електростанціях. Технічні умови. Чинний від 2013-07-01.
32. Програма розвитку вугільної промисловості України на період до 2030 р. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2012.
33. Протокол розгляду програм розвитку виробничо-господарської діяльності державних вугледобувних підприємств у 2019 році, проектів програм на 2020 рік та подальшого перспективного розвитку, 19.11.–04.12.2019. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable_article?art_id=245426660 (дата звернення: 10.10.2022).

References

1. Enerhetychna stratehiya Ukrayiny na period do 2030 r. Skhvaleno rozporядzhennyam Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 24.07.2013 № 1071. *Ofitsiynyy sayt Ministerstva enerhetyky ta vuhil'noyi promyslovosti*. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (Last accessed: 06.03.2023) [in Ukrainian].
2. Informatsiya pro robotu vuhil'noho kompleksu. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=245183238 (Last accessed: 06.03.2023) [in Ukrainian].
3. Ukraina budet rasschityvat' isklyuchitel'no na sobstvennyuyu dobychu uglya. *Minenergetiki*. URL: <https://www.unian.net/economics/energetics/ukraina-budet-rasschityvat-isklyuchitel'no-na-sobstvennyuyu-dobychu-uglya-minenergetiki-11979951.html> (Last accessed: 06.03.2023) [in Russian].
4. Za 4 mesyatsa otkrytoy voyny na podkontrol'noy chasti Donetchiny i Luganshchiny zatopilo 10 shakht, – glava profsoyuza. URL: <https://freeradio.com.ua/ru/za-4-mesyatsa-otkrytoi-voyny-na-podkontrolnoi-chasty-donetchyny-y-luhanshchyny-zatopylo-10-shakht-hlava-profsoiuza/> (Last accessed: 06.03.2023) [in Russian].
5. Makarov, V., Kaplin, M., Bilan, T., & Perov, M. (2023). Volumes forecasting of coal production in Ukraine. *System Research in Energy*, 1(72), 35–45 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/srenergy2023.01.035>
6. Makarov, V.M., Shcherbyna, Ye.V., & Krysanov, D.V. (2020). Forecast scenarios for the development of the coal industry of Ukraine. *The Problems of General Energy*, 2(61), 4–10 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2020.02.004>
7. Makarov, V.M. (2021). Assessment of the mining potential of the public sector of the coal industry of Ukraine. *The Problems of General Energy*, 4(67), 21–29 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2021.04.021>
8. Makarov, V.M., & Perov, M.O. (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. *The Problems of General Energy*, 1-2(68-69), 70–81 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.070>
9. Bilan, T., Kaplin, M., Makarov, V., Perov, M., Novitskii, I., Zaporozhets, A., Havrysh, V., & Nitsenko, V. (2022). The Balance and Optimization Model of Coal Supply in the Flow Representation of Domestic Production and Imports: The Ukrainian Case Study. *Energies*, 15(21), 8103. <https://doi.org/10.3390/en15218103>
10. Teslenko, O.I., Gorsky, W.W., & Maliarenko, O.Ye. (2020). Analysis of tendencies and directions of development of thermal power in Ukraine. *The Problems of General Energy*, 1(60), 38–46 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2020.01.038>
11. Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., & Gorskiy, V.V. (2021). Forecast of fuel and coal consumption in Ukraine until 2040 by a complex method of forecasting energy consumption. *The Problems of General Energy*, 3(66), 28–35 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.028>
12. Kostyukovskyi, B.A., & Ruban-Maksimets, O.O. (2021). Improvement of methods for formation of prognostic balance of fuel for TPP of generating companies for formation of prognostic balance of electricity of the UES of Ukraine. *The Problems of General Energy*, 3(66), 23–27 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.023>
13. Nechaieva, T.P. (2022). Modeling ensuring demand-supply balance of the power system in conditions of significant renewable generation. *The Problems of General Energy*, 1-2(68-69), 42–49 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.042>

14. Kiyashko, Yu.I. (2001). Otsenka effektivnosti raboty shakht pri razlichnykh variantakh primeneniya ochistnogo oborudovaniya. *Ugol' Ukrainy*, 5, 24–26 [in Russian].
15. Akmayev, A.I., Belozertsev, V.N., & Belozertsev, R.V. (2006). Novyye podkhody k analizu deyatelnosti ugledobyvayushchikh predpriyatiy. *Ugol' Ukrainy*, 2, 7–8 [in Russian].
16. Amosha, O.I., Starychenko, L.L., & Cherevat-s'ky, D.Yu. ta in. (2013). *Formuvannya ta realizatsiya derzhavnoyi polityky stosovno vuhil'noyi promyslovosti z urakhuvannyam intehratsiyi Ukrayiny u svitovu ekonomiku*: monohrafiya. Donetsk: Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine, 196 p. [in Ukrainian].
17. Kulyk, M.M. (2002). The role of coal in the formation of fuel and energy balances and optimization of the development of the coal industry in Ukraine. *The Problems of General Energy*, 1(6), 7–16 [in Ukrainian].
18. Alaverdyan, L.M. (2010). Ekonomiko-matematychna model' optymal'noho rozvytku vuhil'noyi promyslovosti Ukrayiny. *Visnyk MNTU, seriya "Ekonomika"*, 1, 121–123 [in Ukrainian].
19. Pavlenko, I.I. (2007). Modelirovaniye razvitiya ugol'noy promyshlennosti Ukrainy v usloviyakh ogranichennykh investitsiy. *Yekonomika promyslovosti*, 1, 105–111 [in Russian].
20. Maliarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., & Panchenko, G.G. (2021). Forecast estimation of the reduction of greenhouse gas emissions from the use of coal in the economy of Ukraine. *The Problems of General Energy*, 1(64), 60–67 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2021.01.060>
21. Leshchenko, I.Ch. (2022). Assessment of the greenhouse gases emissions reduction by the coal sector of Ukraine to meet international climate agreements. *The Problems of General Energy*, 1-2(68-69), 139–149 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2022.01-02.139>
22. Bilan, T., Makarov, V., & Kaplin, M. (2019). Prediction of the levels of development of coal industry with regard for risks and critical phenomena in the structure of its productive potential in the global coal market. *The Problems of General Energy*, 1(56), 12–18 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2019.01.0012>
23. Makarov, V.M., Bilan, T.R., & Kaplin, M.I. (2020). Matematychni modeli optymizatsiyi obsyahiv postachannya vuhillya v ekonomiku krayiny z urakhuvannyam vymoh enerhetychnoyi bezpeky. *Ekonomichna bezpeka natsional'noho enerhetychnoho sektoru v umovakh hlobalizatsiyi: kolektyvna monohrafiya*. Za zah. red. O.L. Hal'tsevoyi. Zaporizhzhya: Vydavnychyy dim "Hel'vetyka", 88–104 [in Ukrainian].
24. Henderson, J.M. (1955). A short-run model for the coal industry. *The Review of Economics and Statistics*, 37, 336–346. <https://doi.org/10.2307/1925847>
25. Green, J.W. (1980). Western Energy: The Interregional Coal Analysis Model. In *Natural Resource Economics Division; Economics, Statistics, and Cooperatives Service. Technical Bulletin*. U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, USA, 1627 p.
26. Suwala, W. (2010). Models of Coal Industry in Poland. *Gospodarka surowcami mineralnymi*, 26, 41–52.
27. The National Energy Modeling System (NEMS): An Overview 2018. (2019). 73 p. URL: [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581\(2018\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581(2018).pdf) (Last accessed: 06.03.2023).
28. Coal Market Module of the National Energy Modeling System: Model Documentation. URL: <https://www.eia.gov/analysis/pdfpages/m060index.php> (Last accessed: 06.03.2023).
29. Haftendorn, C., Holz, F., & von Hirschhausen, C. (2010). COALMOD-World: A Model to Assess International Coal Markets Until 2030. Discuss. Pap. DIW Berl. 1067, 57 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1691593>
30. Zhao, L.-T., Liu, Z.-T., & Cheng, L. (2021). How will China's coal industry develop in the future? A quantitative analysis with policy implications. *Energy*, 235, 121406. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121406>
31. DSTU 4083:2012. Vuhillya kam'yane ta antratsyt dlya pylovydnoho spalyuvannya na teplovykh elektrostantsiyakh. Tekhnichni umovy. Chynnyy vid 2013-07-01 [in Ukrainian].
32. Prohrama rozvytku vuhil'noyi promyslovosti Ukrayiny na period do 2030 r. (2012). Ministerstvo enerhetyky ta vuhil'noyi promyslovosti Ukrayiny, Kyiv [in Ukrainian].
33. Protokol rozhlyadu prohram rozvytku vyrobnycho-hospodars'koyi diyal'nosti derzhavnykh vuhledobuvnykh pidpryyemstv u 2019 rotsi, proektiv prohram na 2020 rik ta podal'shohe perspektyvnoho rozvytku, 19.11.–04.12.2019. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable_article?art_id=245426660 (Last accessed: 10.10.2022) [in Ukrainian].

FORECASTING THE OUTPUT OF COAL PRODUCTS IN THE POST-WAR PERIOD IN UKRAINE

Vitalii Makarov, PhD (Engin.), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-1068-5923>
General Energy Institute of NAS of Ukraine, 172, Antonovycha St., 03150, Kyiv, Ukraine
e-mail: makarov-v-m@ukr.net

Abstract. *The purpose of the study is to adjust the previously developed forecasts of the development of the Ukrainian coal industry, as well as to determine the appropriate volumes of coal production for the energy sector and the country's economy as a whole. Due to the loss of all mines in Luhansk region and some mines in Donetsk region as a result of Russia's full-scale invasion of Ukraine, the forecast scenarios for the development of the coal industry of Ukraine for the period up to 2040 were adjusted. To adjust the forecast scenarios for the development of the coal industry, the software subsystem for forecasting coal production in Ukraine was used in the context of instability of the structure of the country's fuel bases arising from the effect of extraordinary force factors, in particular martial law, temporary occupation of the territory of Ukraine, and the. The software was created to enable a quick assessment of the impact of emergencies situations in the country on production volumes in the coal industry and to take them into account when developing forecasts of fuel supply to the economy and the country's energy balance as a whole. The software is created on the basis of databases detailing professional forecasts of the coal industry development by coal mining facilities, taking into account mining, geological, technological, economic and social features of coal mining enterprises, as well as possible scenarios of their technological re-equipment and optimization of production sites, and allows adjusting such forecasts by changing the expected production status of a mine in the event of force majeure. According to the adjusted scenarios, the volumes of coal production to meet the needs of the thermal power industry, metallurgical industry and other sectors of the economy for the period up to 2040 were determined.*

Keywords: coal industry, production, coal products, forecast, development, scenarios.

Надійшла до редколегії: 10.08.2023