

## ТЕХНІЧНІ Й ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ ПІДГАЛУЗІ З ВИРОБНИЦТВА СИНТЕТИЧНОГО РІДКОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

©2022 КИЗИМ М. О., ХАУСТОВА В. Є., ШПІЛЄВСЬКИЙ В. В., КОТЛЯРОВ Є. І.

УДК 338.12

JEL Classification: F52; L11; L32; O32

Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Котляров Є. І.

### Технічні й економічні аспекти створення підгалузі з виробництва синтетичного рідкого палива в Україні

У статті доведено, що сьогодні Україна опинилася в стані, за якого задоволення потреб у моторному паливі залежить виключно від імпортованих поставок світлих нафтопродуктів, що є неприйнятним з точки зору енергетичної і навіть національної безпеки країни, а вирішення цієї проблеми знаходиться в площині організації виробництва моторного палива з власних природних ресурсів. Метою дослідження є обґрунтування технічних та економічних засад створення підгалузі з виробництва синтетичного моторного палива в Україні. Задля досягнення мети дослідження було: визначено класифікацію видів альтернативного моторного палива; подано порівняльну характеристику енергонасиченості і сфери використання різних видів моторного палива, а також надано порівняльні характеристики синтетичної і кращих сортів природної нафти; оцінено відповідність синтетичного бензину і дизельного палива стандарту Euro-4; розглянуто техніко-експлуатаційні переваги синтетичних аналогів нафтового палива над іншими його альтернативами. На основі проведеного аналізу в статті доведено, що, зважаючи на обмеженість ресурсних можливостей забезпечення виробництва в Україні моторного палива з нафти і природного газу, до освоєння в країні слід рекомендувати виробництво синтетичного рідкого моторного палива (СРП) з вугільної сировини; досліджено сировинну базу виробництва синтетичного рідкого палива. Також у статті проаналізовано особливості способів і конкретних технологій отримання СРП із вугілля та визначено, що до освоєння в Україні доцільною є технологія синтезу СРП за методом Фішера-Тропша з попереднім отриманням синтез-газу у спосіб парокисневої газифікації вугілля. З урахуванням цього сформовано ресурсно-продуктовий баланс повного циклу виробництва синтетичного рідкого палива, розроблено загальну виробничу схему підгалузі СРП в Україні, надано техніко-економічні характеристики національного та регіональних промислових комплексів з виробництва СРП і запропоновано структуру підгалузі з виробництва СРП у країні.

**Ключові слова:** синтетичне рідке паливо, моторне паливо, техніко-економічне обґрунтування, альтернативне паливо, нафта, природний газ, кам'яне та буре вугілля, метод Фішера-Тропша, парокиснева газифікація вугілля, ресурсно-продуктовий баланс, виробнича схема підгалузі.

**DOI:** <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-4-59-79>

**Рис.:** 4. **Табл.:** 16. **Бібл.:** 32.

**Кизим Микола Олександрович** – доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, проректор Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова (вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна)

**E-mail:** [m.kyzym@gmail.com](mailto:m.kyzym@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8948-2656>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1859367>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57216130870>

**Хаустова Вікторія Євгенівна** – доктор економічних наук, професор, директор Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [v.khaust@gmail.com](mailto:v.khaust@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/629132>

**Шпілевський Володимир Вікторович** – кандидат економічних наук, завідувач відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [shpilevskyyv@gmail.com](mailto:shpilevskyyv@gmail.com)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2003-0632>

**Котляров Євген Іванович** – кандидат економічних наук, доцент, завідувач сектора енергетичної безпеки та енергозбереження відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

**E-mail:** [ekotlarov@i.ua](mailto:ekotlarov@i.ua)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6366-6729>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3947-2017>

UDC 338.12

JEL Classification: F52; L11; L32; O32

**Kyzym M. O., Khaustova V. Y., Shpilevskiy V. V., Kotliarov Y. I. The Technical and Economic Aspects of Creating a Subsector for the Production of Synthetic Liquid Fuels in Ukraine**

The article proves that today Ukraine finds itself in a situation where it depends solely on imported supplies of light oil products to meet its motor fuel needs, which is unacceptable from the point of view of the country's energy and national security, and the solution to this problem lies in the plane of organization of motor fuel production from the country's own natural resources. The purpose of the study is to substantiate the technical and economic foundations for creating a synthetic motor fuel subsector in Ukraine. To achieve this aim, the authors define the classification of alternative motor fuels; provide a comparative description of the energy content and scope of use of different types of motor fuels, and also provides comparative characteristics of synthetic along with the best grades of natural oil; assess the compliance of synthetic gasoline and diesel fuel with the Euro-4 standard; considers the technical-operational advantages of synthetic analogues of oil fuel over other alternatives. Based on the carried out analysis, the article proves that, given the limited resource capabilities of Ukraine's motor fuel production from oil and natural gas, the production of synthetic liquid motor fuel (SLMF) from coal raw materials should be recommended for development in the country; the raw material base for the production of synthetic liquid fuel is researched. The article also analyzes the peculiarities of methods and specific technologies for producing synthetic liquid motor fuel from coal and determines that the technology of synthesizing synthetic liquid motor fuel using the Fischer-Tropsch method with preliminary production of synthesis gas by steam-oxygen gasification of coal is advisable for development in Ukraine. Taking this into account, the resource and product balance of the full cycle of synthetic liquid fuel production is formed, a general production scheme of the industry subsector of SLF in Ukraine is developed, technical-economic characteristics of the national and regional industrial complexes for the production of SLF are presented, and the structure of the subsector for the production of SLF in the country is proposed.

**Keywords:** synthetic liquid fuel, motor fuel, feasibility study, alternative fuel, oil, natural gas, coal and lignite, Fischer-Tropsch method, steam-oxygen gasification of coal, resource and product balance, production scheme of the subsector, energy security.

**Fig.:** 4. **Tabl.:** 16. **Bibl.:** 32.

**Kyzym Mykola O.** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Pro-rector of the O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (17 Marshala Bazhanova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

**E-mail:** m.kyzym@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8948-2656>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1859367>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57216130870>

**Khaustova Viktoriia Ye.** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Director of the Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** v.khaust@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5895-9287>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/629132>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57216123094>

**Shpilevskiy Volodymyr V.** – Candidate of Sciences (Economics), Head of Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** shpilevskiyv@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2003-0632>

**Kotliarov Yevhen I.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Head of Sector of Energy Security and Energy Efficiency of Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

**E-mail:** ekotliarov@i.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6366-6729>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-3947-2017>

**Вступ.** У сучасному світі питання забезпеченості країни паливно-енергетичними ресурсами – це питання, нерозривно пов'язане з самою можливістю існування держави як такої.

Україна як держава з великою площею і великою кількістю населення потребує для свого існування значних обсягів різних видів палива, у тому числі і палива для двигунів внутрішнього згорання, яке традиційно виробляється з нафти і природного газу.

Криза, що була характерна протягом останніх років у сфері газо- і нафтовидобування та нафтопереробки Украї-

ни, ще більше загострилась внаслідок російської військової агресії і руйнування навіть тих газо- і нафтопереробних потужностей, що експлуатувались в довоєнні часи.

Після масованих обстрілів росією українських нафтопереробних потужностей Україна опинилася в стані, за якого задоволення потреб у моторному паливі залежить (як у сенсі обсягів, так і в сенсі цін) виключно від імпортних поставок світлих нафтопродуктів.

Така ситуація є вкрай неприйнятною з точки зору енергетичної і навіть національної безпеки країни. Вирішення цієї проблеми знаходиться в площині організації

виробництва моторного палива з власних природних ресурсів.

Враховуючі структуру запасів горючих паливних копалин, що містяться в надрах України, доцільною є орієнтація на світовий досвід з організації виробництва моторних палив з кам'яного і бурого вугілля.

#### Аналіз публікацій з досліджуваної проблеми.

Питанням виробництва синтетичного моторного палива приділяється значна увага в роботах зарубіжних науковців Ch. K. Ebinger, J. Jewell, N. Themelis, M. Castaldi, Y. Byun, M. Cho, S. Hwang, J. Chung, A. Pigneri, M. Asbjerg, C. Collin, A. Dicks, G. Sproule, а також дослідженнях відомих інститутів і організацій [1–8]. Проте в Україні ця проблематика залишилася поза увагою науковців і майже не мала прикладної затребуваності. Можна виділити лиш окремі роботи вітчизняних науковців у цій сфері: Г. Ковтуна, А. Степанова, Г. Матусевич, М. Гунди, Д. Єгеря, Ю. Зарубіна, П. Сміха, В. Гладуна, С. Касянчук, П. Чепіля, В. Макарова, М. Перова, І. Новицького, А. Михалевича та ін. [9–11].

Понад десять років різними аспектами проблеми виробництва синтетичного моторного палива займалися науковці Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України: М. Кизим, В. Рудика, В. Хаустова, В. Шпілевський, О. Лелюк, О. Шпілевський, Т. Салашенко, Д. Костенко [12–20] та ін. Отже, враховуючи наявні наробки в цій сфері та реалії, що склалися сьогодні в Україні, подальшого аналізу потребують технічні й економічні аспекти створення підгалузі з виробництва синтетичного моторного палива в країні задля реалізації такого проекту та забезпечення паливної безпеки країни, та національної зокрема.

**Метою** цього дослідження є обґрунтування технічних та економічних засад створення підгалузі з виробництва синтетичного моторного палива в Україні.

В основу обґрунтування закладено такі принципи створення національного виробничого комплексу синтетичного рідкого палива: відповідності міжнародним стандартам якості і застосування нафтопродуктів; сировинної самодостатності національного виробництва синтетичного рідкого палива (СРП); наближення виробничих об'єктів до сировинної бази; технологічної уніфікації виробництва; модульної будови виробничих об'єктів (заводів); економічної ефективності господарської діяльності та інвестування.

#### Викладення основних результатів дослідження.

Світ має суттєвий досвід усунення проблем нафтозабезпечення країн у ситуаціях подібних до тієї, що виникла в Україні. Найбільш кардинальним і результативним напрямом відновлення достатності нафтозабезпечення було освоєння (нарощування) виробництва моторного палива з наявної в країні альтернативної сировини. Такий досвід мали: Німеччина в роки Другої світової війни; ПАР з початку зовнішньої енергетичної блокади в роки проведення політики апартеїду до поточного моменту, інші країни. Альтернативою нафтовому моторному паливу в цих країнах стало синтетичне рідке паливо вироблене з кам'яного або бурого вугілля [12].

Сьогодні кількість альтернатив нафтовому моторному паливу суттєво збільшилась. Класифікацію видів альтернативного моторного палива наведено на рис. 1.

Фізико-хімічні властивості (якість) і особливості застосування (призначення) моторного палива визначають об-

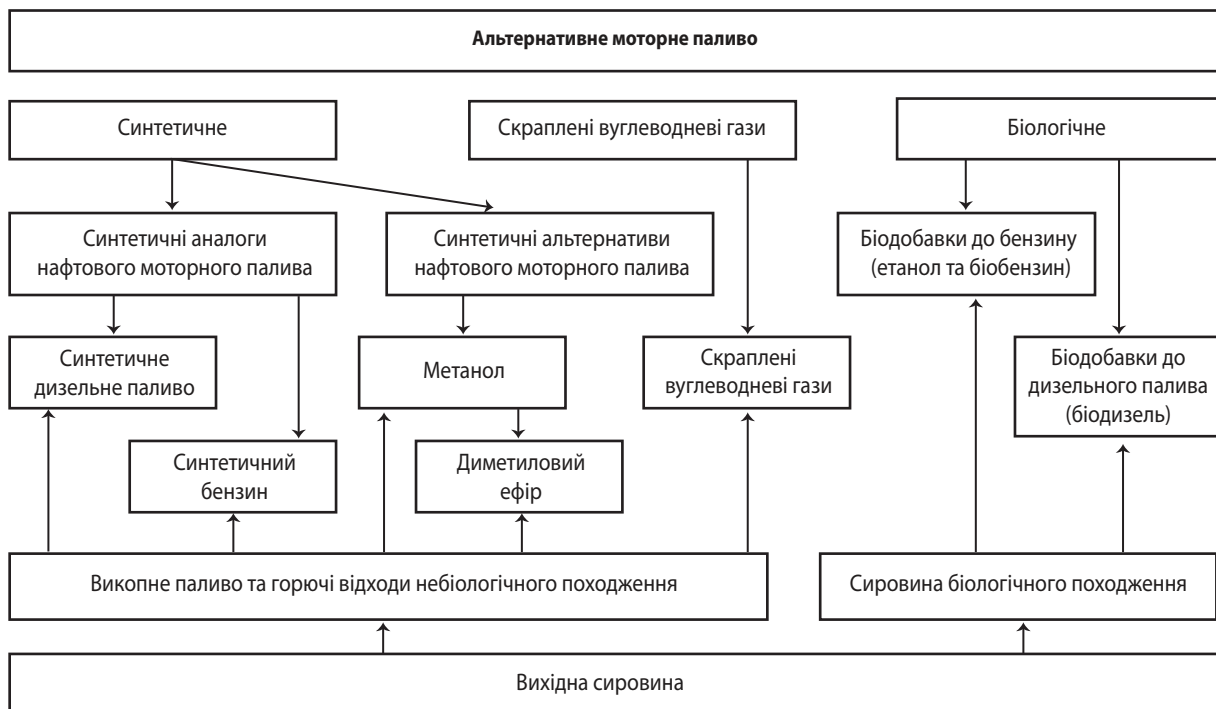


Рис. 1. Класифікація видів альтернативного моторного палива

Джерело: узагальнено авторами

сяги його використання, а отже, і виробництва. Саме ці два чинники було закладено в основу вибору доцільних до використання в Україні видів альтернативного моторного палива.

Порівняльну характеристику енергонасиченості і широти сфери використання різних видів моторного палива наведено у табл. 1.

Таблиця 1

## Порівняльна характеристика енергонасиченості і сфери використання різних видів моторного палива

Сировина та цільові продукти переробки	Частка у сфері використання, %	Енергонасиченість, МДж/кг
<i>Нафта та газовий конденсат</i>		
1. Бензин і дизельне паливо з нафти	100,0	43,5
<i>Природний і попутний нафтовий газ</i>		
2. Синтетичні бензин і дизельне паливо непрямого зрідження	100,0	43,5
3. Синтетичне дизельне паливо непрямого зрідження через синтез і дегідратацію метанолу	100,0	44,2
4. Скраплені вуглеводневі гази*	14,9	46,0
5. Метанол**	5,0	22,7
<i>Вугілля</i>		
6. Синтетичні бензин і дизельне паливо прямого зрідження	100,0	43,5
7. Синтетичні бензин і дизельне паливо непрямого зрідження	100,0	43,5
8. Метанол**	5,0	22,7
9. Диметилловий ефір**	10,0	28,8
<i>Біологічна сировина</i>		
10. Біодизель**	20,0	40,3
11. Етанол**	20,0	<b>30,0</b>

Джерело: складено авторами на основі [12; 25]

Розраховано:

\* за питомою вагою споживання даного виду МП в його загальному споживанні в Україні;

\*\* за максимально допустимою часткою додавання до традиційного палива

Сфера застосування певних видів палива визначена для моторного парку України передвоєнного часу. Сферу застосування традиційного пального і його синтетичних аналогів прийнято за 100 %, оскільки увесь наявний моторний парк країни призначено для застосування цього палива. Сферу застосування скраплених вуглеводневих газів визначено у 14,9 %, тобто за часткою споживання даного пального адаптованими до нього двигунами. Сферу застосування пального, яке застосовується в якості добавок до традиційного палива, а саме метанолу, диметилового ефіру, біодизелю, етанолу визначено на рівні рекомендованих європейськими стандартами максимально допустимих норм цих добавок до традиційного палива.

Аналіз даних табл. 2 виявив, що доцільними до використання в країні є такі види моторного палива:

- бензин і дизельне паливо з природної нафти (1);
- синтетичні бензин і дизельне паливо непрямого зрідження з природного газу (2);
- синтетичне дизельне паливо непрямого зрідження через синтез і дегідратацію метанолу (3);
- синтетичні бензин і дизельне паливо прямого зрідження з вугілля (6);

- синтетичні бензин і дизельне паливо непрямого зрідження з вугілля (7).

До переліку доцільних за споживчими властивостями до використання видів моторного палива входять нафтове моторне паливо і його синтетичні аналоги, що виготовляються з природного газу або вугілля.

Якість синтетичного рідкого палива за споживчими властивостями суттєво перевищує нафтове завдяки суттєвим відмінностям у способах їх виробництва.

Нафтове паливо одержується з природної нафтової сировини шляхом розгонки її фракцій з подальшим «облагородженням» продуктів фракціонування до товарних кондицій. При переробці природної нафтової сировини небажані і шкідливі речовини видаляються не повністю і залишають свої, часто суттєві, «сліди» в готових продуктах, що негативно впливає на їх якість.

На відміну від нафтового, синтетичне рідке паливо може виготовлятися з вуглеводневих речовин шляхом їх молекулярного розкладу, з продуктів якого синтезується проміжний продукт – синтетична нафта, яка не містить небажаних і шкідливих сировинних залишків. Переробка синтетичної нафти в готові продукти, на відміну від

природної, не потребує проведення додаткових операцій «облагородження». Синтетична нафта за своїми фізико-хімічними властивостями близька до надчистих легких сортів природної нафти.

Порівняльний аналіз якісних характеристик природної і синтетичної нафти (первинного продукту процесу Фішера-Тропша компанії «Sasol», ПАР) наведено в табл. 2. Завдяки відсутності сірки й ароматичних вуглеводнів син-

тетична нафта використовується для виробництва рідких моторних палив найвищої якості.

Якісна перевага синтетичної нафти над природною визначає і якісну перевагу готових продуктів, що з неї виробляються, а саме синтетичних бензину і дизельного палива.

Оцінку відповідності синтетичного бензину і дизельного палива стандарту Euro-4 наведено у табл. 3 та 4.

Таблиця 2

## Порівняльні характеристики синтетичної і кращих сортів природної нафти

Показники	Синтетична нафта	Сорти легкої нафти		
		Арабська	Брент	Сумартран
Питома вага, °AP1	46,5	32,3	38,3	35,0
Вміст сірки, ррт	<10	19000	4000	1000
Вміст азоту, ррт	<10	1100	1300	1200
Температура застигання	-60	-18	-45	-38
Частка дизельних фракцій, %	52	46	49	40
Частка фракцій важче дизельних, %	40	42	37	52

Джерело: [27; 28]

Таблиця 3

## Відповідність синтетичного бензину стандарту Euro-4

Показник	Стандарт бензин Euro-4	Бензин процесу Фішера-Тропша
<i>Детонаційна стійкість:</i>		
▪ октанове число за дослідницьким методом не менше	92,0	93
▪ октанове число за моторним методом не менше	82,5	85
Вміст свинцю, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	5	0
Вміст сірки, мг/кг, не більше	10	0,0001
<i>Масова частка вуглеводнів, %, не більше:</i>		
▪ олефінів	18	24
▪ ароматичних	35	27
Масова частка бензолу, %, не більше	1,0	0

Джерело: [13; 14]

Таблиця 4

## Відповідність синтетичного дизельного палива стандарту Euro-4

Показник	Дизельне паливо стандарту Euro-4	Дизельне паливо процесу Фішера-Тропша
Цетанове число, не менше	51	47
Масова частка поліциклічних ароматичних вуглеводнів, %, не більше	11	2-4
Зольність, % (мас.), не більше	0,01	0
Вміст сірки, мг/кг, не більше	10	0,0002
<i>Вміст механічних залишків</i>		
Вміст осаду, мг/кг, не більше	24	нема
Масова частка метилових ефірів й жирних кислот, %, не більше	5	2-4

Джерело: [13; 15]

Висока якість синтетичного моторного палива порівняно з нафтовим визначає менше навантаження на природне середовище від його застосування, про що свідчать дані, наведені у табл. 5.

Окремо слід визначити техніко-експлуатаційні переваги синтетичних аналогів нафтового палива над іншими його альтернативами.

Використання більшої частини альтернативних моторних палив, як рідких так і газоподібних, визначає необхідність адаптації (конструкційної доробки) силових систем на основі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та погіршує їх техніко-експлуатаційні характеристики. Так, застосування: автомобільного газу і метанолу зменшує віддачу потужності ДВЗ та потребує застосування спеціаль-

Таблиця 5

**Середня величина шкідливих викидів від згорання синтетичного дизельного палива порівняно з нормами Агенції з захисту навколишнього середовища США (ЕРА)**

Вид викидів	Шкідливі викиди з вихлопними газами, %		Зниження викидів порівняно з нормами ЕРА, %
	Синтетичне паливо марки S-2 ф. Syntroleum	Паливо № 2 за нормативами ЕРА	
Незгорілі вуглеводні	0,21	0,25	16
Оксид вуглецю (СО)	0,67	0,94	29
Оксид азоту (NOx)	6,03	7,03	14
Тверді частинки	0,08	0,15	46

Джерело: [16]

ної паливної системи; диметилового ефіру – конструкційної доробки двигунів, застосування спеціальної паливної системи та засобів заправлення, транспортування і зберігання пального; палива, вироблені з біологічної сировини в традиційних ДВЗ, можуть використовуватись тільки як паливні добавки. Особливості використання певних видів альтернативного моторного палива суттєво погіршують техніко-експлуатаційні характеристики силових систем із ДВЗ і визначають обмеженість, а часто і неможливість її використання.

Застосування рідкого моторного палива на військовій техніці сьогодні не має альтернатив, тому що забезпечує унікальну сукупність її техніко-експлуатаційних властивостей, яку складають: маневреність (максимальне співвідношення потужності двигуна до маси машини); автономність пересування; мінімізація логістичної інфраструктури і обладнання; можливість заправлення паливом у польових умовах та ін.

Виключенням з усієї видової сукупності альтернативних палив, які не викликають необхідності вирішення вище охарактеризованих проблем, сьогодні є тільки синтетичні аналоги нафтового пального виготовленого з нетрадиційної сировини – синтетичні бензини, дизельне, авіаційне та ракетне паливо.

Зважаючи на обмеженість ресурсних можливостей забезпечення виробництва в Україні моторного палива з нафти і природного газу, до освоєння в країні слід рекомендувати виробництво синтетичного рідкого моторного палива з вугільної сировини.

Сировинна база і місця розміщення виробничих об'єктів підгалузі СРП визначаються виключно наявними в Україні геологічними ресурсами [12; 13].

Сировинною базою виробництва визначених вище перспективних видів синтетичного рідкого палива є всі наявні в Україні види вугілля.

Промислові запаси вугілля в Україні досить значні і переважно складаються з ресурсів Донецького і Львівсько-

Волинського кам'яновугільних та Дніпровського буровугільного басейну. Найбільш потужні та промислово освоєні запаси вугілля знаходяться у Донецькому та Львівсько-Волинському басейнах. Дані з розташування, кількості і величини запасів вугільних родовищ по регіонах України наведено у табл. 6.

Наведені в табл. 6 дані свідчать, що загальний потенціал запасів вугілля в Україні складає не менше 57 млрд тонн.

Зважаючи на доступність, поточний стан вугільної промисловості країни, ризики щодо відновлення видобутку вугілля в зонах тимчасової іноземної окупації і бойових дій, порядок розгляду вугільних басейнів країни як територій розміщення виробничих об'єктів нової підгалузі визначався з урахуванням сучасних і очікуваних реалій.

Зважаючи на невизначеність перспектив щодо постачання сировини для СРП з донецьких вугільних підприємств та занепад буровугільної промисловості країни, реальним джерелом кам'яновугільної сировини для виробництва СРП в Україні є промислово освоєні родовища Львівсько-Волинського басейну.

Донецький басейн розташований на південному сході України (Донецька, Луганська, Дніпропетровська області). Вугільна промисловість Донбасу існує майже 200 р. і є базою для енергетики, металургії, хімічної, коксохімічної та інших галузей народного господарства. Крім вугілля, в Донбасі видобувають кам'яну сіль, газ, вогнетривку та флюсову сировину, раніше видобували ртуть, золото.

Конкретна оцінка достатності вугільного потенціалу Донбасу для забезпечення виробництва СРП сьогодні не можлива через відсутність достовірної інформації про стан вугільної промисловості на тимчасово окупованих територіях і в зонах бойових дій.

Аналіз запасів Львівсько-Волинського басейну, якість і фізико-хімічні властивості вугілля, виробнича потужність діючих і проектна потужність перспективних шахт (див. [13]) дозволяє зробити висновок, що вугільний

Характеристика українських вугільних родовищ

Назва регіону	Кількість родовищ	Запаси, млн тонн
<i>Кам'яне вугілля</i>		
Донецький	303	18549
Луганський	286	17984,2
Дніпропетровський	55	13986,1
Харківський	6	2081,1
Львівський	28	1364,7
Волинський	11	75,4
Україна	689	54040,5
<i>Буре вугілля</i>		
Дніпропетровський	21	1578,7
Кіровоградський	42	801,3
Харківський	1	390,0
Черкаський	8	84,1
Закарпатський	3	39,2
Житомирський	2	11,0
Україна	77	2904,3

Джерело: [17]

потенціал цього басейну здатен забезпечити сировинні потреби великотоннажного виробництва СРП, а його розташування на крайньому заході країни максимально безпечно з воєнної точки зору.

Дніпровський буровугільний басейн займає територію Правобережної України в межах Житомирської, Черкаської, Кіровоградської, Дніпропетровської і частково Запорізької, Вінницької та Київської областей. У його межах виявлено 200 родовищ і вуглепроєвів, з них Державним балансом запасів обліковані 27.

Найбільш перспективними промисловими районами Дніпровсько-вугільного басейну, згідно з проведеним аналізом [13], є Олександрійський (Кіровоградська обл.) і Верхньодніпровський (Дніпропетровська обл.).

Також слід зазначити доцільність використання для виробництва СРП бурого вугілля басейну, а саме Новомигурського буровугільного родовища (Харківська обл.). Родовище детально досліджене і може бути освоєне протягом двох років [29].

Вибір способу та технології виробництва в Україні синтетичних аналогів нафтового моторного палива з вугілля передбачає узагальнення світового досвіду його промислового виробництва.

Особливості способів і конкретних технологій отримання синтетичного рідкого палива з вугілля свідчать, що їм властива широка варіативність номенклатури сировини, принципів побудови технологічних схем та окремих технологій, режимів технологічних процесів та їх апаратного оформлення, використання реагентів і каталізаторів, що визначає необхідність вибору з їх сукупності більш доцільних до промислового застосування.

Незважаючи на принципові відмінності різних способів зрідження вугілля, технології виробництва синтетичного рідкого палива можуть бути охарактеризовані системою ідентичних техніко-економічних показників (див. [13]).

Сьогодні відомі два основних способи конверсії вугілля в синтетичне рідке паливо – прямого і непрямого зрідження вугілля, технологічною основою яких є гідрогенізація і метод Фішера-Тропша.

Критичною позицією виробництва синтетичного рідкого палива за методом прямого зрідження (гідрогенізації вугілля) є високі витрати водню як реагенту основної реакції та високі інвестиційні та поточні витрати на його отримання, зберігання і використання.

Додаткові витрати вугілля (або природного газу у вугільному компоненті) кардинально збільшують загальну норму витрат вугілля на виробництво однієї тони СРП, що наглядно видно з табл. 7.

Зважаючи на викладене вище, норми витрат вугілля на виробництво СРП і виходу готових продуктів гідрогенізації мають враховувати загальні, а не тільки витрати вугілля безпосередньо на технологічну операцію гідрогенізації. Вихід СРП з загальної маси витрат вугільної сировини (15 % вологості) слід очікувати у діапазоні 16,3–22,6 %.

Проведена у табл. 8 порівняльна оцінка ефективності технологій свідчить, що найбільш прийнятною для освоєння в Україні є технологія гідрогенізації вугілля інституту НІ НХТіМ (Казахстан).

Сукупність технологій способу непрямого (двохстадійного) зрідження вугілля ширша, ніж у вище розглянутого способу прямого зрідження. Дане положення пояснюється, як широкою варіативністю кожної зі стадій техно-

Таблиця 7

**Розрахунок загальних норм витрат вугільної сировини (OMB) на виробництво синтетичного рідкого палива СРП за основними технологіями гідрогенізації**

Показник	НІІ НХТІМ (Казахстан)	NRCL (Японія)	H-COAL (США)	SRC II (США)	EDS (США)	КОНЛ (ФРН)
Вихід СРП, % (мас)	74,9	81,4	58,4	54,8	35	74
Норма витрат вугілля на гідрогенізацію СРП, т/т	1,335	1,229	1,712	1,825	2,857	1,351
Норма витрат водню на гідрогенізацію вугілля, тис. куб. м/т	2,3	5	4,5	3,5	4	6
Норма виходу водню з вугілля, тис. куб. м/т	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586	0,586
Норма витрат вугілля на виробництво водню для гідрогенізації вугілля, т/т	1,3478	2,93	2,637	2,051	2,344	3,516
Загальна норма витрат вугілля на виробництво СРП, т/т	2,683	4,159	4,349	3,876	5,201	4,867
Вихід СРП з загального об'єму використаного вугілля, %	37,3	24,0	23,0	25,8	19,2	20,5

Джерело: [30]

логії непрямого зрідження вугілля, так і варіативністю їх поєднання. Загальна ефективність застосування способу непрямого способу зрідження вугілля залежить від ефективності кожної з стадій конверсії: першої – газифікації вугілля, другої – синтезу рідких вуглеводнів.

Порівняльну характеристику основних промислових технологій газифікації вугілля наведено в табл. 8.

Особо слід зазначити, що ефективність технологій непрямого зрідження вугілля істотно залежить від складу

одержуваного синтез-газу, а саме – співвідношення водню й окису вуглецю, ідеальне значення якого для виробництва СРП дорівнює 2:1.

Головними технологічними установками в процесі газифікації вугілля є промислові газогенератори, принципи роботи і конструкція яких пройшли двохсотрічний шлях розвитку, що на поточний момент визначило високий рівень їх технічної досконалості. Аналіз ключових технічних характеристик промислових газогенераторів [13; 30; 31],

Таблиця 8

**Порівняльна характеристика основних промислових технологій газифікації вугілля**

Показник	Технологія			
	Lurgi	Winkler	Koppers-Totzek, Prenflo	Texaco
Типи перероблюваного вугілля	все вугілля, окрім того, що коксується	лігніти і суббітумінозне вугілля	все вугілля	все вугілля
Робочий тиск у реакторі, Мпа	2,0-3,0	атмосферний	1,4	1,8-3,5
Максимальна температура у реакторі, °С	1200	1100	2000	1600
Склад сирого газу, % (об):				
H <sub>2</sub>	36-40	35-45	22-32	35
CO	18-25	30-50	55-66	52
CO <sub>2</sub>	27-32	13-25	7-12	12
CH <sub>4</sub>	9-10	0,5-2,0	0,1	0,1
Середнє співвідношення H <sub>2</sub> :CO	2 : 1	1 : 1	1 : 2,5	1 : 1,5
Питома теплота згорання газу, МДж/куб. м	11,5	9-13	11,2	12,9
Вихід газу з 1 т вугілля, куб. м/т	1400-1700	1600	1650	1884
Витрати кисню на переробку 1 т вугілля, куб. м/т	220-300	350	540	610
Витрати пари на переробку 1 т вугілля, т/т	1,0-1,4	0,88	0,24	-

Примітка: \* – при підвищенні робочого тиску в реакторі від атмосферного до 3 МПа та оперативному управлінні подачею газифікуючого агента (пари)

Джерело: [30]



показав, що газогенератори компаній Shell, Siemens, E-Gas, GE забезпечують високі температурні режими газифікації, а отже, і апаратну продуктивність, що дозволяє застосувати їх у найбільш ефективних технологіях «Koppers-Totzek» та «Prenflo», придатних для перероблення всіх видів вугілля.

На другій стадії непрямого зрідження вугілля проводиться синтез СРП з одержаного на попередній технологічній стадії синтез-газу. Всі технології синтезу СРП подібні, і різниця в їх ефективності визначається умовами процесу (реакції) і застосуванням найбільш результативних катализаторів. Оцінка ефективності синтезу СРП за різних умов проведення реакції [13; 30] засвідчила, що реально досяж-

ною величиною виходу СРП є 170 грамів з одного кубічного метра синтез-газу.

Порівняльну техніко-економічну оцінку ефективності основних технологій прямого та непрямого способів зрідження вугілля було проведено з урахуванням узагальнених норм капітальних вкладень і поточних витрат. У зв'язку з відсутністю систематизованих відомостей про капітальні та виробничі витрати за способами та технологіями зрідження вугілля визначення величин згаданих вище економічних характеристик проводилося на підставі експертної обробки та узагальнення фрагментарних даних [32], а також авторських розрахунків. Результати узагальнень наведено у табл. 9.

Таблиця 9

## Основні економічні норми капітальних вкладень і поточних витрат на виробництво СРП у різні способи

Спосіб	Капітальні вкладення на 1 т річної виробничої потужності, \$	Поточні витрати на виробництво 1 т синтетичної нафти, \$
Пряме зрідження (гідрогенізація) вугілля	1454	625
Непряме зрідження (метод Фішера-Тропша) з попередньою парокисневою прямою газифікацією вугілля	889	791

Джерело: [13; 30]

Наведену вище інформацію узагальнено у табл. 10 і використано для порівняльної оцінки доцільності освоєння в Україні основних технологій зрідження вугілля.

Огляд даних табл. 10 свідчить, що найбільша глибина реакторної переробки вугілля досягається у спосіб прямого його зрідження (гідрогенізація). Загальна величина витрат вугілля на виробництво моторного палива у спосіб прямого зрідження є більшою, ніж у спосіб непрямого зрідження вугілля через його витрати на виробництво водню, що є реагентом реакції гідрогенізації. Водень для гідрогенізації, як правило, виділяється з синтез-газу, який отримується при газифікації вугілля (не виключено, що і при риформінгу природного газу).

Вищенаведені дані щодо способів і основних технологій виробництва СРП свідчать про техніко-економічну перевагу способу непрямого зрідження вугілля над способом прямого зрідження вугілля.

З сукупності розглянутих різновидів технологій непрямого зрідження вугілля до освоєння в Україні рекомендується технологія синтезу СРП за методом Фішера-Тропша з попереднім отриманням синтез-газу у спосіб парокисневої газифікації вугілля.

Керуючись вищенаведеними принципами побудови виробництва підгалузі, до застосування в Україні пропонується єдина (універсальна) технологічна схема виробництва СРП з вугілля, яку наведено на рис. 2.

Таблиця 10

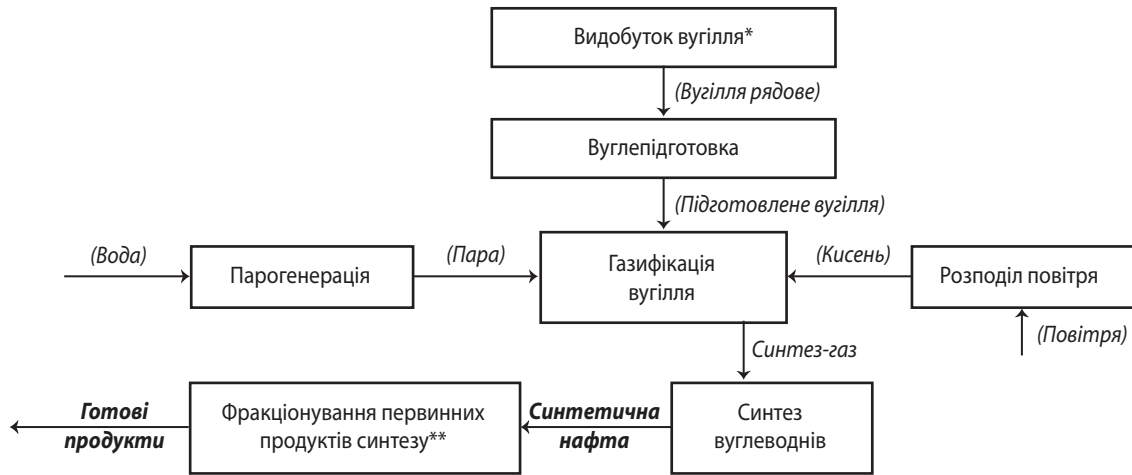
## Техніко-економічна характеристика основних технологій зрідження вугілля

№	Показник	Пряме зрідження вугілля	Непряме зрідження вугілля з його парокисневою газифікацією
1*	Максимальна температура у реакторі, °С	420	1200
2*	Робочий тиск у реакторі, МПа	6,00	1,4
3	Загальні витрати вугілля (ОМВ) на виробництво 1 т СРП, т	4,018	3,788
у т.ч.			
3.1**	Витрати вугілля (ОМВ) на синтез 1 т СРП, т	1,335	3,788
3.2**	Витрати вугілля (ОМВ) на виробництво водню для синтезу 1 т СРП, т	2,683	0
3.2.1**	Норма витрат водню на ОМВ, куб. м/кг	2,3	0
4	Капітальні вкладення на 1 т річної виробничої потужності, \$	1454	889

\*показники температури і тиску взято для газифікатора

\*\* Довідка

Джерело: [13; 30]



**Примітка:**

\* – опція для гірничо-переробного комбінату СРП;

\*\* – опція для заводів синтетичної нафти і нафтопереробки

Рис. 2. Агрегована універсальна технологічна схема виробництва синтетичного рідкого палива

Джерело: авторська розробка

Зважаючи на вищенаведене, підгалузь СРП має складатись з виробничих об'єктів – уніфікованих заводів єдиної апаратної комплектації чотирьох видів:

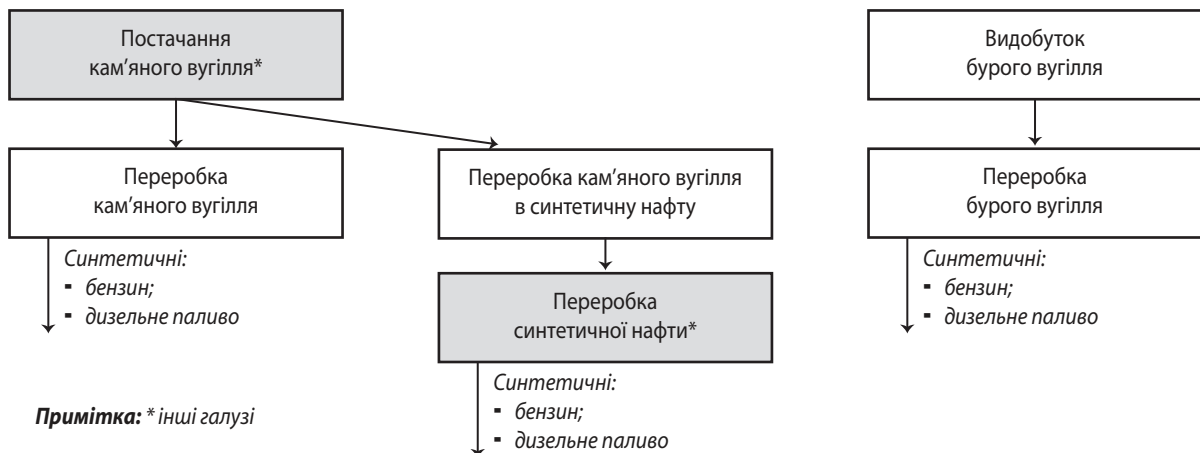
- малотоннажні заводи повного циклу виробництва СРП з кам'яновугільної сировини;
- середньотоннажні заводи повного циклу виробництва СРП з кам'яновугільної сировини;
- середньотоннажні заводи виробництва синтетичної нафти з кам'яновугільної сировини;
- великотоннажні гірничо-переробні комбінати повного циклу виробництва СРП з бурого вугілля.

Виробничу структуру і потужності підгалузі СРП визначають наявні в країні ресурси вугільної сировини, розташування родовищ з можливістю переробки синтетичної нафти (первинних продуктів синтезу СРП) у готові продукти.

Загальна виробнича схема підгалузі СРП в Україні може мати вигляд, наведений на рис. 3.

Всі виробничі об'єкти промислового комплексу підгалузі СРП рекомендуються за однаковими технологічними схемами, що забезпечують реалізацію згаданого вище двостадійного процесу зрідження вугілля за методом Фішера-Тропша.

Відмінності виробничих процесів різних типів пропонується забезпечувати шляхом внесення відповідних змін до типової технологічної схеми виробництва СРП повного циклу, які спрямовані на наділення окремих заводів специфічними опціями (доповнення типового виробничого циклу заводом видобутком бурого вугілля або скороченням технологічного ланцюга заводу до виробництва синтетичної нафти).



Примітка: \* інші галузі

Рис. 3. Загальна виробнича схема підгалузі синтетичного рідкого палива України

Джерело: авторська розробка

Обґрунтування основних техніко-економічних показників (ОТЕП) виробничих об'єктів (заводів) підгалузі визначені виходячи з можливих потужностей сировинної бази та місця їх розташування у такому порядку:

- розрахунок ОТЕП базового заводу СРП проведено на основі його техніко-економічних характеристик;
- розрахунок ОТЕП інших заводів (комбінатів) проведено за нормативним методом на основі базових показників з урахуванням специфічних особливостей (опцій), притаманних кожному з них.

В основу розрахунків техніко-економічних показників базового варіанта заводу повного виробничого циклу закладено:

- об'єм переробки кам'яновугільної сировини 15 % вологості 550 тис. т на рік;
- об'єм виробництва синтетичного рідкого моторного палива – 111,7 тис. т на рік;
- технологічні схеми і норми зрідження вугілля у двостадійний спосіб, а саме парокисневої прямої газифікації вугілля «PRENFLO» і синтезу рідкого палива Фішера-Тропша з фракціонуванням його первинного продукту (синтетичної нафти).

Ресурсно-продуктовий баланс повного циклу виробництва СРП наведено в табл. 11.

Цей проект передбачає створення національної паливної промисловості підгалузі синтетичного рідкого

Таблиця 11

Ресурсно-продуктовий баланс повного циклу виробництва синтетичного рідкого палива

Найменування продукту	Одиниці виміру	Кількість
<i>Ресурси</i>		
Кам'яне вугілля з вологістю 15 %	тис. т	550
Вода (на виробництво пари)	тис. м <sup>3</sup>	48,1
Повітря (на виробництво кисню)	млн м <sup>3</sup>	2033,5
Високооктанові компоненти	тис. т.	7,1
<i>Технологічні продукти+</i>		
Пара на газифікацію	т	48100
Кисень	млн м <sup>3</sup>	425
Синтез-газ (приведений до нормальних умов)	млн м <sup>3</sup>	859
Первинний продукт синтезу Фішера-Тропша (синтетична нафта)	тис. т	141,7
Бензин первинний	тис. т	40,3
Метан-етанова фракція (на виробництво енергії)	млн м <sup>3</sup>	10,8
Електроенергія	МВт-год	18544
<i>Продукти</i>		
Бензин автомобільний (А-92, А-95)	тис. т	53,1
Дизельне паливо	тис. т	58,6
<i>Разом товарного рідкого моторного палива:</i>		
	<i>тис. т</i>	<i>111,7</i>
Пропан-бутанова фракція	тис. т	5,2
Парафін	тис. т	36,0
Сульфат амонію	тис. т	5,9
Сірчана кислота	тис. т	29

Джерело: [13; 30]

палива на основі будівництва типових заводів, техніко-економічні характеристики яких наведено у табл. 12.

Розрахунки техніко-економічних характеристик і капітальних вкладень по базовому заводу СРП наведено в [13].

Зведені техніко-економічні характеристики регіональних і національного промислових комплексів СРП наведено у табл. 13–16.

Структуру підгалузі СРП за основними ознаками наведено на рис. 4.

Вищенаведені дані свідчать, що підприємства підгалузі здатні забезпечити виробництво майже 3,183 млн т моторного палива, у т.ч. 0,980 млн т у західному, 1,058 млн т у центральному та 1,144 млн т на промислових комплексах СРП. Частка синтетичного рідкого палива у загальній величині використання моторного палива досягне 32 % (розраховано за рівнем 2020 року), що суттєво підвищить рівень як енергетичної, так в цілому і національної безпеки.

Створення нової підгалузі СРП прискорить соціально-економічний розвиток країни. Буде створено близь-

Таблиця 12

## Техніко-економічні характеристики типових заводів синтетичного рідкого палива

Показник	Основні техніко-економічні показники господарчої діяльності			
	Малотонажний завод синтетичного рідкого моторного палива*	Середньотонажний завод синтетичного рідкого моторного палива	Завод синтетичної нафти	Гірничо-переробний комбінат синтетичного рідкого палива
Вид вихідної сировини	Кам'яне вугілля	Кам'яне вугілля	Кам'яне вугілля	Буре вугілля
1. Об'єм переробки вугільної сировини, тис. т	550,0	1100	1100,0	3000,0*
2. Випуск синтетичного рідкого палива, всього, тис. т:	111,7	223,4		474,0
в тому числі:				
2.1. бензин	53,0	106,0		206,1
2.2. дизельне паливо	58,6	117,2		267,9
2.3. синтетична нафта			305,6	
3. Чисельність промислово-виробничого персоналу, осіб	1242	2285	2158	9513
4. Чистий дохід, млн. дол. США	145,1	290,2	257,5	666,2
в тому числі від реалізації:				
4.1. бензин	42,2	84,4		163,9
4.2. дизельне паливо	59,7	119,4		272,9
4.3. синтетична нафта			244,5	
4.4. парафін	36,7	73,4		185,3
4.5. скраплений вуглеводневий газ (СВГ)	2,6	5,2	5,3	27,5
4.6. сульфат амонію	1,2	2,4	2,4	5,1
4.7. сірчана кислота	2,7	5,4	5,4	11,5
5. Адміністративні та інші операційні витрати, витрати на збут, млн. дол.	106,0	208,8	190,2	464,6
6. Прибуток від операційної діяльності, млн. грн	39,1	81,4	67,3	201,6
6.1. Рентабельність операційної діяльності, %	36,9	39,0	35,4	43,4
<i>Інвестиції та їх ефективність</i>				
7. Загальна сума інвестицій, млн. грн.	253,6	507,2	783,2	1544,0
7.1. Норма інвестиції на 1 тис. т виробництва СРП, млн. дол.	1,136	1,135	1,652	1,349
8. Річний чистий грошовий потік, млн. дол.	73,4	150,9	145	369,3
9. Термін окупності, рік	3,5	3,4	5,4	4,2

Примітка: \* базовий завод; \*\* підготовлене буре вугілля власного виробництва 15% вологості.

Джерело: авторська розробка

Таблиця 13

## Техніко-економічна характеристика національного виробничого комплексу синтетичного рідкого палива

Показник	Західний комплекс	Центральний комплекс	Східний комплекс	Всього
Загальні відомості				
Сировинна база	Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн	Дніпровський буровугільний басейн, Донецький кам'яновугільний басейн	Донецький кам'яновугільний басейн	X
Місце розміщення	Львівська і Волинська області	Кіровоградська і Дніпропетровська області	Донецька і Луганська області	X
Кількість виробничих одиниць	6	3	5	14
Основні техніко-економічні показники господарчої діяльності				
1. Об'єм переробки сировини, тис. т	4950	6550	6300	17800
2. Випуск синтетичного рідкого палива, всього, тис. т:	979,5	1059,7	1144,2	3183,4
тому числі:				
2.1. бензин автомобільний, тис. т	464,8	465,2	524,1	1454,1
2.2. дизельне паливо, тис. т	514,6	594,4	619,5	1728,5
2.3. синтетична нафта, тис. т	1222,4			1222,4
3. Чисельність персоналу, осіб	12388	20268	16568	49224
4. Чистий дохід, млн дол.	2229,3	1477,5	1536,8	5243,6
5. Адміністративні та інші витрати операційної діяльності, витрати на збут, млн дол.	1592,0	1035,2	1094,2	3721,4
6. Прибуток операційної діяльності, млн дол.	637,3	442,3	442,6	1522,2
6.1. Рентабельність операційної діяльності, %	40,0	42,7	40,4	40,9
Інвестиції та їх ефективність				
7. Загальна сума інвестицій, млн грн	955,2	1693,2	1544,0	4192,4
7.1. Норми інвестиції на 1 тис. т виробництва СРП, млн дол.	0,975	1,554	1,349	1,317
8. Річний чистий грошовий потік, млн дол.	561,5	326,7	369,3	1257,5
9. Термін окупності, рік	1,7	5,2	4,2	3,3

Джерело: авторська розробка

Таблиця 14

## Техніко-економічна характеристика західного виробничого комплексу синтетичного рідкого палива на базі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну

Показник	Завод синтетичного рідкого моторного палива на 550 тис. т вугілля		Виробничий комплекс синтетичної нафти		Всього по комплексу
	Завод синтетичної нафти		Нафтопереробний завод*		
<i>Загальні відомості</i>					
Сировинна база	Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн		Заводи синтетичної нафти		X
Місце розміщення	Львівська область		Львівська область		X
Кількість виробничих одиниць	1		4		1
<i>Основні техніко-економічні показники господарчої діяльності</i>					
1. Об'єм переробки сировини, тис. т	550		4400		1222,4**
2. Випуск синтетичного рідкого палива, всього, тис. т:	111,7		1222,4**		867,8
тому числі:					
2.1. бензин автомобільний, тис. т	53,1				411,8
2.2. дизельне паливо, тис. т	58,6				456,0
2.3. синтетична нафта, тис. т			1222,4**		1222,4**
3. Чисельність персоналу, осіб	1242		8632		2514
4. Чистий дохід, млн дол.	145,1		1030		1054,2
5. Адміністративні витрати, інші витрати операційної діяльності, витрати на збут, млн дол.	106		760,8		725,2
6. Прибуток операційної діяльності, млн дол.	39,1		269,2		329
6.1. Рентабельність операційної діяльності, %	36,9		35,4		45,3
<i>Інвестиції та їх ефективність</i>					
7. Загальна сума інвестицій, млн грн	126,8		710,0		118,4
7.1. Норма інвестиції на 1 тис. т виробництва СРП, млн дол.	1,136		0,581		X
8. Річний чистий грошовий потік, млн дол.	36,7		246,8		278
9. Термін окупності, рік	3,5		2,9		0,4

Примітка:

\* Діючий Дрогобицький НПЗ;

\*\* синтетична нафта вироблена заводами комплексу (проміжна сировина і в загальну величину виробництва СРП не входить)

Таблиця 15

## Техніко-економічна характеристика центрального виробничого комплексу синтетичного рідкого палива на базі Донецького вугільного і Дніпровського буровугільного басейнів

Показник	Завод синтетичного рідкого моторного палива на 550 тис. т вугілля	Гірничо-переробний комбінат синтетичного рідкого моторного палива (буре вугілля)	Всього по комплексу
<i>Загальні відомості</i>			
Сировинна база	Донецький вугільний басейн	Дніпровський буровугільний басейн	X
Місце розміщення	Дніпропетровська область	Кіровоградська область Дніпропетровська область	X
Кількість виробничих одиниць	1	2	3
<i>Основні техніко-економічні показники господарчої діяльності</i>			
1. Об'єм переробки сировини, тис. т	550	6000	6550
2. Випуск синтетичного рідкого палива, всього, тис. т: тому числі:	111,7	948,0	1059,7
2.1. бензин автомобільний, тис. т	53,1	412,2	465,3
2.2. дизельне паливо, тис. т	58,6	535,8	594,4
2.3. синтетична нафта, тис. т			
3. Чисельність персоналу, осіб	1242	19026	20268
4. Чистий дохід, млн дол.	145,1	1332,4	1477,5
5. Адміністративні витрати, інші витрати операційної діяльності, витрати на збут, млн дол.	106	929,2	1035,2
6. Прибуток операційної діяльності, млн дол.	39,1	403,2	442,3
6.1. Рентабельність операційної діяльності, %	36,9	43,4	42,7
<i>Інвестиції та їх ефективність</i>			
7. Загальна сума інвестицій, млн грн	126,8	1566,4	1693,2
7.1. Норми інвестиції на 1 тис. т виробництва СРП, млн дол.	1,136	1,652	1,554
8. Річний чистий грошовий потік, млн дол.	36,7	290,0	326,7
9. Термін окупності, рік	3,5	5,4	5,2

Складено авторами

Таблиця 16

## Техніко-економічна характеристика східного виробничого комплексу синтетичного рідкого палива на базі Донецького кам'яновугільного басейну

Показник	Завод синтетичного рідкого моторного палива на 550 тис. т вугілля	Завод синтетичного рідкого моторного палива на 1100 тис. т вугілля	Гірничо-переробний комбінат синтетичного рідкого моторного палива (буре вугілля)	Всього по комплексу
<i>Загальні відомості</i>				
Сировинна база	Донецький кам'яновугільний басейн		X	
Місце розміщення	Донецька і Луганська області		Харківська область	X
Кількість виробничих одиниць	2	2	1	5
<i>Основні техніко-економічні показники господарчої діяльності</i>				
1. Об'єм переробки сировини, тис. т	1100	2200	3000	6300
2. Випуск синтетичного рідкого палива, всього, тис. т:	223,4	446,8	474,0	1144,2
тому числі:				
2.1. бензин автомобільний, тис. т	106	212,0	206,1	524,1
2.2. дизельне паливо, тис. т	117,2	234,4	267,9	619,5
2.3. синтетична нафта, тис. т				
3. Чисельність персоналу, осіб	2484	4571	9513	16568
4. Чистий дохід, млн дол.	290,2	580,4	666,2	1536,8
5. Адміністративні витрати, інші витрати операційної діяльності, витрати на збут, млн дол.	212	417,6	464,6	1094,2
6. Прибуток операційної діяльності, млн дол.	78,2	162,8	201,6	442,6
6.1. Рентабельність операційної діяльності, %	36,9	39,0	43,4	40,4
<i>Інвестиції та їх ефективність</i>				
7. Загальна сума інвестицій, млн грн	253,6	507,2	783,2	1544,0
7.1. Норма інвестиції на 1 тис. т виробництва СРП, млн дол.	1,136	1,135	1,652	1,349
8. Річний чистий грошовий потік, млн дол.	73,4	150,9	145	369,3
9. Термін окупності, рік	3,5	3,4	5,4	4,2

Джерело: авторська розробка



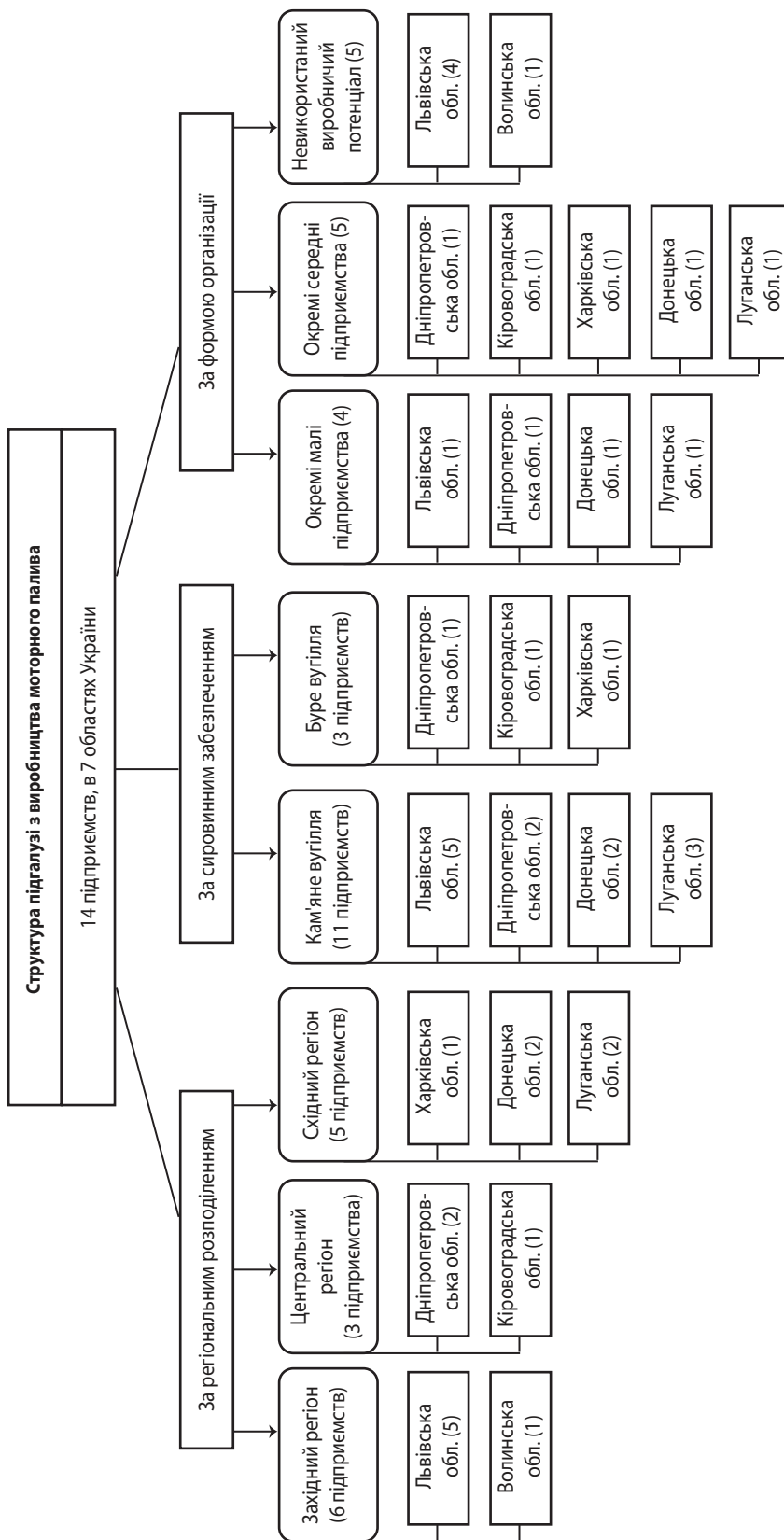


Рис. 4. Структура підгалузі з виробництва синтетичного рідкого палива України

Джерело: авторська розробка

ко 50 тис. нових робочих місць, загальний обсяг виробництва підприємств підгалузі СРП досягне 5,2 млрд. дол. США на рік. Сума податків і відрахувань у фонди соціального страхування складатиме близько 1612 млн дол. США на рік, у тому числі: податок на додану вартість – 685 млн дол. США; акцизний податок – 441 млн дол. США; податок на прибуток – 274 млн дол. США; податок на доходи фізичних осіб – 95 млн дол. США; єдиний соціальний внесок – 117 млн дол. США.

Створення виробництва СРП в Україні має високу інвестиційну привабливість. Середня рентабельність господарської діяльності по підприємствах підгалузі СРП очікується у 40,9 %, сумарний грошовий потік підгалузі – близько 1,3 млрд дол. США, що забезпечить окупність інвестицій (до 4,2 млрд дол. США) у її створення за 3,3 роки.

Створення підгалузі СРП суттєво посилить енергетичну, економічну і в цілому національну безпеку України за рахунок: розширення видової диверсифікації ринку моторного палива; кардинального збільшення обсягів вітчизняного виробництва нафтопродуктів з сировини вітчизняного виробництва; приросту обсягів ВВП; створення умов повністю незалежного формування в країні стратегічних запасів моторного палива.

Структурний розвиток вітчизняного виробництва синтетичного рідкого палива створить додаткові стимули: відновлення національної вугільної промисловості; соціально-економічного зростання на територіях розміщення нових виробництв; підвищення стабільності вітчизняного ринку нафтопродуктів та ін.

**Висновок.** Отже, проведене дослідження дозволило визначити таке:

1. Руїнування росією українських нафтопереробних потужностей призвело до того, що Україна опинилася в стані, за якого задоволення потреб в моторному паливі залежить виключно від імпортних поставок світлих нафтопродуктів, що неприпустимо з точки зору енергетичної та національної безпеки країни та обумовлює нагальну необхідність налагодження виробництва моторного палива з власних природних ресурсів.
2. Світовий досвід вирішення проблем відновлення достатності моторного палива шляхом освоєння (наращування) його виробництва з наявної в країні альтернативної сировини, має бути застосований в Україні, і, виходячи з наявної сировинної бази, доцільною є організація виробництва синтетичного рідкого моторного палива в країні з кам'яного і бурого вугілля.
3. Синтетичне рідке паливо з вугільної сировини є повним аналогом палива, що виробляється з нафтової сировини і за якісними характеристиками суттєво перевищує останнє. Використання синтетичного рідкого палива не вимагає додаткової адаптації до нього двигунів внутрішнього згорання.
4. Синтетичне рідке паливо (бензин автомобільний і дизельне паливо) за своїми показниками перевищує прогресивні екологічні норми Euro-4.
5. Первинним продуктом безпосередньо для отримання моторного палива є природна та синтетична нафта, яка за своїми фізико-хімічними властивостями суттєво перевищує першу.
6. Високий вміст продуктів світлих фракцій у синтетичній нафті дозволяє вилучати з неї більше 90 % рідкого палива за допомогою елементарного фракціонування первинного продукту.
7. На діючих підприємствах в країнах світу промислове застосування мають два основних способи конверсії вугілля в синтетичне рідке паливо – прямого та непрямого зрідження вугілля, технологічною основою яких, відповідно, є гідрогенізація і метод Фішера-Тропша. Порівняння прямого та непрямого способів зрідження вугілля за основними показниками свідчать про те, що в Україні до освоєння рекомендується технологія синтезу синтетичного рідкого палива за методом Фішера-Тропша з попереднім отриманням синтез-газу у спосіб парокисневої газифікації вугілля.
8. Підгалузь із виробництва синтетичного рідкого палива з вугілля в Україні доцільно створювати на принципах: територіального розподілення (Західний, Центральний та Східний регіони), сировинної диверсифікації (кам'яне та буре вугілля), різноманіття форм організації (окремі підприємства, інтегрований виробничий комплекс).
9. Доцільним є створення 14 підприємств з виробництва синтетичного рідкого палива з кам'яного та бурого вугілля в 7 областях: Львівській, Волинській, Дніпропетровській, Кропивницькій, Харківській, Донецькій та Луганській, що знаходяться у Західному, Центральному та Східному регіонах України, де розташована основна сировинна база.
10. За розрахунками авторів, загальна потреба у вугільній сировині в Україні для виробництва синтетичного рідкого палива становить 17 800 тис. т на рік, у тому числі: Східний регіон – 35,48 %, Центральний регіон – 36,8 %, Західний регіон – 27,8 %.
11. Загальний обсяг виробництва синтетичного рідкого палива в Україні на 14 підприємствах планується у розмірі: 3 183,4 тис. т, у тому числі: Західний регіон – 30,8 %, Центральний регіон – 33,3 %, Східний регіон – 35,9 %.
12. Загальні інвестиції для побудови 14 підприємств в Україні з виробництва синтетичного рідкого палива складають 4 192,4 млн дол., у тому числі: Західний регіон – 22,8 %, Центральний регіон – 40,4 %, Східний регіон – 36,8 %.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Synthetic Fuel Market // Precedence Research. URL: <https://www.precedenceresearch.com/synthetic-fuel-market>
2. World Energy Outlook 2021 // International Energy Agency. URL: <http://www.worldenergyoutlook.org>
3. International Energy Outlook 2021 // US Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>

4. World Oil Outlook 2040 // OPEC. 2019. URL: [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/WOO\\_2019.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO_2019.pdf)
5. Synthetic Fuel Market: Global Industry Analysis (2021 to 2027) – Growth, Trends, and Forecasts // MMR. URL: <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-synthetic-fuel-market/74378/>
6. Themelis N. J., Castaldi M. J. Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes. URL: [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme\\_thesis.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme_thesis.pdf)
7. Byun Y., Cho M., Hwang S.-M., Chung J. Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW). URL: <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/thermal-plasma-gasification-of-municipal-solid-waste-msw>
8. Pigneri A., Asbjerg M., Collin C., Dicks A., Sproule G. Gasification Technologies Review technology implementation scenarios. URL: [http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/153284/Technical-Appendix-2-Renewable-Gases-SupplyInfrastructure-Talent-With-Energy.pdf](http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/153284/Technical-Appendix-2-Renewable-Gases-SupplyInfrastructure-Talent-With-Energy.pdf)
9. Ковтун Г., Степанов А., Матусевич Г. Комплексне використання вугілля для виробництва рідкого палива, газу та електроенергії. *Вісник НАН України*. 2008. № 4. С. 68–75.
10. Гунда М. В., Єгер Д. О., Зарубін Ю. О., Сміх П. М., Гладун В. В. та ін. Розвиток технологій переробки природного газу в рідкі синтетичні палива та перспективи їх впровадження для розробки родовищ вуглеводнів. *Нафтогазова галузь України*. 2014. № 1. С. 38–42.
11. Макаров В. М., Перов М. О., Новицький І. Ю. Аналіз та перспективи розвитку буровугільного комплексу Олександрійського регіону. *Проблеми загальної енергетики*. 2011. Вип. 3. С. 19–24.
12. Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Костенко Д. М. Аналіз сировинного потенціалу виробництва моторного палива в Україні та її регіонах. *Бізнес Інформ*. 2022. № 7. С. 19–121.  
DOI: 10.32983/2222-4459-2022-7-19-121
13. Техніко-економічні засади створення підгалузі з виробництва синтетичного рідкого палива в Україні: кол. моногр. / авт. кол.: Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Салашенко Т. І., Котлярів Є. І., Костенко Д. М., Шпілевський О. В. Харків: ФООП Лібуркіна Л. М., 2022.
14. Бензини автомобільні євро. Технічні умови. ДСТУ 7687:2015.
15. Паливо дизельне євро. Технічні умови. ДСТУ 7688:2015
16. Proposed Rule to Revise Existing National GHG Emissions Standards for Passenger Cars and Light Trucks Through Model Year 2026. URL: <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/proposed-rule-revise-existing-national-ghg-emissions>
17. Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. ДСТУ 3472:2015
18. Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Костенко Д. М. Державне регулювання та підтримка виробництва синтетичного рідкого палива в Україні. *Бізнес Інформ*. 2022. № 11. С. 82–88.  
DOI: 10.32983/2222-4459-2022-11-82-88
19. Кизим М. О., Салашенко Т. І., Хаустова В. Є., Лелюк О. В. Концептуальні засади зміцнення паливної безпеки національної економіки. *Проблеми економіки*. 2017. № 1. С. 79–88.
20. Кизим Н. А., Рудика В. И., Шпилевский В. В. Конверсия угля в жидкие углеводороды в Украине: предпосылки и целесообразность // *Инновации: проблемы науки та практики: кол. моногр. / за ред. В. С. Пономаренка, М. О. Кизима, О. М. Ястремської та ін.* Харків: ФООП Павленко О. Г.; ВД «ІНЖЕК», 2010. 304 с.
21. Кизим М. О., Рудика В. І. Особливості розвитку світового ринку виробництва і споживання синтетичного рідкого моторного палива. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія «Економічні науки»*. 2018. № 2. С. 92–101.
22. Кизим М. О., Рудика В. І. Економічна ефективність створення національного виробництва синтетичного рідкого палива. *Проблеми економіки*. 2017. № 2. С. 104–110. URL: [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2017-2\\_0-pages-104\\_110.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2017-2_0-pages-104_110.pdf)
23. Кизим М. О., Шпілевський В. В., Полякова О. Ю., Феденко Г. М. Прогнозування енергетичного балансу вуглеводнів за умов інноваційного розвитку у країні виробництва моторного палива. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: економічні науки*. 2015. № 10 (3). С. 13–18.
24. Шпілевський В. В., Феденко Г. М. Оцінка сировинного потенціалу виробництва моторного палива в Україні. *Ефективна економіка*. 2015. № 3. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3900>
25. Порівняльна характеристика деяких видів палива. URL: <https://bioopt.com.ua/ua/a240346-sravnitel'naya-harakteristika-nekotoryh.html>
26. Про затвердження Технічного регламенту щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив: Постанова КМУ від 01.08.2013 № 927. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-p#Text>
27. Нафта // Вікіпедія – вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0>
28. Сорты товарной нефти // *Википедия – свободная энциклопедия*. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0\\_%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8)
29. Мінеральні ресурси України: щорічник. Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. 270 с. URL: [http://geoinf.kiev.ua/M\\_R\\_2018\\_1.pdf](http://geoinf.kiev.ua/M_R_2018_1.pdf)
30. Звіт про створення (передачу) науково-технічної продукції за договором №3/2021 від 15 червня 2021 р. за темою: «Обґрунтування техніко-економічних вимог до виробництва синтетичних вуглеводнів за умов забезпечення зростання національної безпеки й енергетичної самодостатності України». Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України. Харків, 2021. 166 с.
31. Гірний Є. Й., Лелик Б. І., Гурей П. Т. та ін. Геологічний звіт по попередній розвідці кам'яного вугілля на ділянці Тягівська-Південна Львівсько-Волинського басейну в 1986-1994 рр. Фонди ЛГРЕ. № 4236. Львів, 1994. Кн. 1. 305 с.; Кн. 5. 258 с.
32. Гірний Є. Й., Лелик Б. І., Гурей П. Т. та ін. Геологічний звіт по детальній розвідці кам'яного вугілля на полі шахти Любельська № 1 Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну в 1989-1993 рр. Фонди ЛГРЕ. № 4213. Львів, 1994. Т. 1. 228 с.; Т. 4. 253 с.

## REFERENCES

- BENZYN Y AVTOMOBILNI YEVIRO. *Tekhnichni umovy. DSTU 7687:2015* [CAR GASOLINES EURO. Specifications. DSTU 7687:2015].
- Byun, Y. et al. "Thermal Plasma Gasification of Municipal Solid Waste (MSW)". <http://www.intechopen.com/books/gasification-for-practical-applications/thermal-plasma-gasification-of-municipal-solid-waste-msw>
- Hirnyi, Ye. I. et al. "Heolohichniy zvit po detalnii rozvidtsi kamianoho vuhillia na poli shakhty Liubelska № 1 Lvivsko-Volynskoho kamianovuhilnogo baseinu v 1989-1993 rr." [Geological Report on the Detailed Prospecting of Hard Coal in the Lubelska Mine Field No. 1 of the Lviv-Volyn Coal Basin in 1989-1993]. In *Fondy LHRE. № 4213*. Lviv, 1994.
- Hirnyi, Ye. I. et al. "Heolohichniy zvit po poperednii rozvidtsi kamianoho vuhillia na diliansi Tiahlivska-Pivdenna Lvivsko-Volynskoho baseinu v 1986-1994 rr." [Geological Report on the Preliminary Exploration of Hard Coal in the Tyahlivska-Pivdenna Section of the Lviv-Volyn Basin in 1986-1994]. *Fondy LHRE. № 4236*. Lviv, 1994.
- Hunda, M. V. et al. "Rozvytok tekhnologii pererobky pryrodnoho hazu v ridki syntetychni palyva ta perspektyvy yikh vprovadzhennia dlia rozrobky rodovysch vuhlevodniv" [Development of Technologies for Processing Natural Gas Into Liquid Synthetic Fuels and Prospects for Their Implementation for the Development of Hydrocarbon Deposits]. *Naftohazova haluz Ukrainy*, no. 1 (2014): 38-42.
- "International Energy Outlook 2021". US Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/>
- Kizim, N. A., Rudyka, V. I., and Shpilevskiy, V. V. "Konverziya ughla v zhidkiye uglevodorody v Ukraine: predposylki i tselesoobraznost" [Conversion of Coal to Liquid Hydrocarbons in Ukraine: Background and Feasibility]. In *Innovatsii: problemy nauky ta praktyky*. Kharkiv: FOP Pavlenko O. H. ; VD «INZHEK», 2010.
- Kovtun, H., Stepanov, A., and Matushevych, H. "Kompleksne vykorystannia vuhillia dlia vyrobnytstva rikdoho palyva, hazu ta elektroenerhii" [Integrated Use of Coal for the Production of Liquid Fuel, Gas and Electricity]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 4 (2008): 68-75.
- Kyzym, M. O. et al. "Analiz syrovynnoho potentsialu vyrobnytstva motornoho palyva v Ukraini ta yii rehionakh" [Analyzing the Raw Material Potential of Motor Fuel Production in Ukraine and Its Regions]. *Biznes Inform*, no. 7 (2022): 99-121.  
DOI: 10.32983/2222-4459-2022-7-99-121
- Kyzym, M. O. et al. "Derzhavne rehulivannia ta pidtrymka vyrobnytstva syntetychnoho rikdoho palyva v Ukraini" [The Government Regulation and Support of Synthetic Liquid Fuels Production in Ukraine]. *Biznes Inform*, no. 11 (2022): 82-88.  
DOI: 10.32983/2222-4459-2022-11-82-88
- Kyzym, M. O. et al. "Kontseptualni zasady zmitsnennia palyvnoi bezpeky natsionalnoi ekonomiky" [Conceptual Foundations of Strengthening the Fuel Security of the National Economy]. *Problemy ekonomiky*, no. 1 (2017): 79-88.
- Kyzym, M. O. et al. "Prohnozuvannia enerhetychnoho balansu vuhlevodniv za umov innovatsiinoho rozvytku u kraini vyrobnytstva motornoho palyva" [Prediction of the Energy Balance of Hydrocarbons Under the Conditions of Innovative Development in the Country of Motor Fuel Production]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnogo universytetu. Seriya: ekonomichni nauky*, no. 10(3) (2015): 13-18.
- Kyzym, M. O. et al. *Tekhniko-ekonomichni zasady stvorennia pidhaluzi z vyrobnytstva syntetychnoho rikdoho palyva v Ukraini* [Technical and Economic Principles of Creating a Sub-industry of Synthetic Liquid Fuel Production in Ukraine]. Kharkiv: FOP Liburkina L. M., 2022.
- Kyzym, M. O., and Rudyka, V. I. "Ekonomichna efektyvnist stvorennia natsionalnogo vyrobnytstva syntetychnoho rikdoho palyva" [Economic Efficiency of Establishing Domestic Production of Synthetic Liquid Fuel]. *Problemy ekonomiky*. 2017. [https://www.problecon.com/export\\_pdf/problems-of-economy-2017-2\\_0-pages-104\\_110.pdf](https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2017-2_0-pages-104_110.pdf)
- Kyzym, M. O., and Rudyka, V. I. "Osoblyvosti rozvytku svitovoho rynku vyrobnytstva i spozhyvannia syntetychnoho rikdoho motornoho palyva" [Features of the Development of the World Market of Production and Consumption of Synthetic Liquid Motor Fuel]. *Visnyk KhNAU im. V. V. Dokuchaieva. Seriya «Ekonomichni nauky»*, no. 3 (2018): 92-101.
- [Legal Act of Ukraine] (2013). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-n#Text>
- "Mineralni resursy Ukrainy: shchorichnyk" [Mineral Resources of Ukraine: Yearbook]. Derzhavne nauково-vyrobnyche pidpryemstvo «Derzhavnyi informatsiinyi heolohichniy fond Ukrainy», 2018. [http://geoinf.kiev.ua/M\\_R\\_2018\\_1.pdf](http://geoinf.kiev.ua/M_R_2018_1.pdf)
- Makarov, V. M., Perov, M. O., and Novytskyi, I. Yu. "Analiz ta perspektyvy rozvytku burovuhilnogo kompleksu Oleksandriiskoho rehionu" [Analysis and Prospects for the Development of the Lignite Complex of the Oleksandri Region]. *Problemy zahalnoi enerhetyky*, no. 3 (2011): 19-24.
- "Nafta" [Oil]. Vikipediia - vilna entsyklopediia. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0>
- "Porivnialna kharakterystyka deiakykh vydiv palyva" [Comparative Characteristics of Some Types of Fuel]. <https://bioopt.com.ua/ua/a240346-sravnitel'naya-harakteristika-nekotoryh.html>
- "Proposed Rule to Revise Existing National GHG Emissions Standards for Passenger Cars and Light Trucks Through Model Year 2026". <https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/proposed-rule-revise-existing-national-ghg-emissions>
- PALYVO DYZELNE YEVIRO. *Tekhnichni umovy. DSTU 7688:2015* [DIESEL FUEL EURO. Specifications. DSTU 7688:2015].
- Pigneri, A. et al. "Gasification Technologies Review technology implementation scenarios". [http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/153284/Technical-Appendix-2-Renewable-Gases-Supply/Infrastructure-Talent-With-Energy.pdf](http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/153284/Technical-Appendix-2-Renewable-Gases-Supply/Infrastructure-Talent-With-Energy.pdf)
- "Sorta tovarnoy nefti" [Commercial Oil Grades]. Vikipediya - svobodnaya entsyklopediia. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0\\_%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8)
- "Synthetic Fuel Market: Global Industry Analysis (2021 to 2027) - Growth, Trends, and Forecasts". MMR. <https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-synthetic-fuel-market/74378/>
- "Synthetic Fuel Market". Precedence Research. <https://www.precedenceresearch.com/synthetic-fuel-market>
- Shpilevskiy, V. V., and Fedenko, H. M. "Otsinka syrovynnoho potentsialu vyrobnytstva motornoho palyva v Ukraini" [Assessment of the Raw Material Potential of Motor Fuel Production in Ukraine]. *Efektivna ekonomika*. 2015. <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3900>
- Themelis, N. J., and Castaldi, M. J. "Technical and economic analysis of Plasma-assisted Waste-to-Energy processes". [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme\\_thesis.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/ducharme_thesis.pdf)

VUHILLYA BURE, KAMYANE TA ANTRATSYT. Klasyfikatsiia. DSTU 3472:2015 [BROWN COAL, STONE AND ANTHRACITE. Classification. DSTU 3472:2015].

"World Energy Outlook 2021". International Energy Agency. <http://www.worldenergyoutlook.org>

"World Oil Outlook 2040". OPEC. 2019. [https://www.opec.org/opec\\_web/static\\_files\\_project/media/downloads/publications/WOO\\_2019.pdf](https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/WOO_2019.pdf)

Zvit pro stvorennia (peredachu) naukovo-tekhnichnoi produktsii za dohovorem № 3/2021 vid 15 chervnia 2021 r. za temiui: «Obgruntuvannia tekhniko-ekonomichnykh vymoh do vyrobnytstva syntetychnykh vuhlevodniv za umov zabezpechennia zrostannia nat-

sionalnoi bezpeky i enerhetychnoi samodostatnosti Ukrainy» [Report on the Creation (Transfer) of Scientific and Technical Products Under Contract No. 3/2021 of June 15, 2021 on the Topic: «Justification of the Technical and Economic Requirements for the Production of Synthetic Hydrocarbons Under the Conditions of Ensuring the Growth of National Security and Energy Self-sufficiency of Ukraine»]. Kharkiv: Naukovo-doslidnyi tsentr industrialnykh problem rozvytku NAN Ukrainy, 2021.f

Стаття надійшла до редакції 02.11.2022 р.