

Koo, R. C. *The Holy Grail of Macroeconomics: Lessons from Japan's Great Recession* Singapore: Wiley, 2008.

Kao, J. *Innovation Nation: How America is Losing Its Innovation Edge, Why It Matters, And What We Can Do To Get It Back* New York: Free Press, 2007.

«Pravo Yevropeyskogo Soyuzu. Novaya yevropeyskaya strategiya «Yevropa 2020»» [The right of the European Union. The new Europe 2020 strategy]. <http://eulaw.ru/content/307>

Porter M. U. S. Competitiveness 2001: Strengths, Vulnerabilities and Long-Term Priorities. Council on Competitiveness, 15 February 2009. 86 p.

Trofymova, V. V. «Stpatehiia tekhnolohichnoho liderstva SShA ta mekhanizmy yoho dosiahnennia» [Strategy of technological leadership of the USA and mechanisms of its achievement]. <http://ukrmodno.com.ua/health/trofymova-v-v-strategiya-tehnolohichnoho-liderstva-ssha-ta-meh/main.html>

«The new High-Tech Strategy Innovations 2020 for Germany» https://www.google.com.ua/search?q=High+tech+strategy+for+Germany&oq=High+tech+strategy+for+Germany&gs_l=psyab.12..0i22i30k114.652399.652399.0.653673.1.1.0.0.0.168.168.0j1.1.0...0...1.1.64.psy-ab..0.1.167...0.fHlm5B4TXKE

УДК 662.75

АНАЛІЗ ДОСВІДУ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ЗРІДЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ В НЕПРЯМІЙ СПОСІБ У СВІТІ

© 2017 РУДИКА В. І.

УДК 662.75

Рудика В. І.

Аналіз досвіду комерціалізації технологій зрідження вугілля в непрямий спосіб у світі

У статті обґрунтовано, що згідно зі світовими тенденціями розвитку паливно-енергетичних комплексів у найближчій перспективі затребуваним напрямком використання твердих горючих копалин стане не просте спалювання, а їх поглиблена термохімічна переробка, з отриманням в кінці виробничого процесу готових енергетичних продуктів – заміників природного газу, електроенергії і синтетичних аналогів вуглеводнів. Проаналізовано зарубіжний досвід із комерціалізації технологій газифікації вугілля у непрямий спосіб, з-поміж яких виділяються технології традиційної і плазмової газифікації. Систематизовано переваги та недоліки цих технологій і висунуто гіпотезу щодо перспективності технології плазмової газифікації вугілля порівняно з традиційними аналогами, що спираються на процес Фішера-Тропша.

Ключові слова: синтетичне рідке паливо, газифікація вугілля, плазмова газифікація, конверсія вуглеводнів.

Табл.: 4. **Бібл.:** 12.

Рудика Віктор Іванович – кандидат економічних наук, директор, Державний інститут по проектуванню підприємств коксохімічної промисловості «Гипрококс» (вул. Сумська, 60, Харків, 61002, Україна)

УДК 662.75

UDC 662.75

Рудика В. И. Анализ опыта коммерциализации технологий сжигения угля косвенным способом в мире

В статье обосновано, что согласно мировым тенденциям развития топливно-энергетических комплексов в ближайшей перспективе востребованным направлением использования твердых горючих ископаемых станет не просто сжигание, а их углубленная термохимическая переработка с получением в конце производственного процесса готовых энергетических продуктов – заменителей природного газа, электроэнергии и синтетических аналогов углеводородов. Проанализирован зарубежный опыт по коммерциализации технологий газификации угля косвенным способом, среди которых выделяются технологии традиционной и плазменной газификации. Систематизированы преимущества и недостатки этих технологий, и выдвинута гипотеза о перспективности технологии плазменной газификации угля по сравнению с традиционными аналогами, опирающимися на процесс Фишера-Тропша.

Ключевые слова: синтетическое жидкое топливо, газификация угля, плазменная газификация, конверсия углеводородов.

Табл.: 4. **Библ.:** 12.

Рудика Виктор Иванович – кандидат экономических наук, директор, Государственный институт по проектированию предприятий коксохимической промышленности «Гипрококс» (ул. Сумская, 60, Харьков, 61002, Украина)

Rudyka V. I. The Analysis of the Experience in Commercialization of Indirect Coal Liquefaction Technologies in the World

It is substantiated that, taking into account the world trends in the development of fuel and energy complexes, in the near future the most preferable direction in using solid fossil fuels will become not just their burning but advanced thermochemical processing, which will result in obtaining such end products as substitutes for natural gas, electricity, and synthetic analogues of hydrocarbons. There analyzed foreign experience on commercialization of indirect coal gasification technologies, among which the technologies of traditional and plasma gasification are singled out. The advantages and disadvantages of these technologies are systematized, and the hypothesis about better prospects for using the technology of plasma gasification of coal in comparison with the traditional analogues that are based on the Fischer-Tropsch process is put forward.

Keywords: synthetic liquid fuel, gasification of coal, plasma gasification, hydrocarbon conversion.

Tbl.: 4. **Bibl.:** 12.

Rudyka Viktor I. – Candidate of Sciences (Economics), Director, State Institute for designing enterprises of coke oven and by-product industry «GIPROKOKS» (60 Sumsk Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

Постановка проблеми. Світові тенденції розвитку паливно-енергетичних комплексів доводять, що в найближчій перспективі затребуваним напрямком використання твердих горючих копалин стане не просте спалювання, а їх поглиблена термохімічна переробка, з отриманням в кінці виробничого процесу готових енергетичних продуктів – замінників природного газу, електроенергії та синтетичних аналогів вуглеводнів.

Протягом останнього десятиліття в Україні сформувався значний ступінь енергетичної залежності від імпорту готових нафтопродуктів. Майже повністю занедбана виробнича інфраструктура нафтопереробного комплексу, що разом зі стрімким падінням обсягів видобутку нафти ставить під загрозу відновлення автономності ресурсного циклу з виробництва моторного палива.

Водночас у світовій практиці накопичено вже достатньо досвіду з виробництва синтетичного рідкого палива (СРП) шляхом газифікації твердих видів палива (різні види вугілля, біомаси, твердих побутових відходів – ТПВ). Оскільки наша країна має достатній вугільний потенціал, більша частина якого наразі незатребувана в національному господарстві, то проекти з газифікації твердого палива мають представляти один із пріоритетних напрямів розвитку науки та техніки в Україні на шляху становлення національної моделі енергетичної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність створення власного виробництва СРП в Україні періодично виникає у національному науковому середовищі. Окремі дослідники [1] вивчають перспективи переробки природного газу в СРП і доходять висновку про економічну доцільність «переходу нафтогазовидобувних компаній на інноваційні GTL-технології». Другі [2] розглядають СРП як джерело покриття потреб України не тільки в моторному паливі, але і для виробництва електроенергії на газомазутних ТЕС і ТЕЦ. Інші [3] оцінюють інвестиційну привабливість виробництва СРП із незатребуваного в Україні бурого вугілля. Значущість проблеми освоєння виробництва СРП з вугілля в Україні підкреслюється в багатьох інших публікаціях [4–6]. Однак і надалі існують певні сумніви щодо комерційного успіху таких проектів, що обумовлює необхідність подальших досліджень за цією тематикою. Одним із перших етапів вирішення цієї проблеми є систематизація зарубіжного досвіду з комерціалізації виробництва СРП.

Метою статті є аналіз світового досвіду комерціалізації технологій газифікації вугілля у непрямий спосіб і вибір найперспективнішої з них для впровадження в національну практику.

Вклад основного матеріалу дослідження. Зрідження вугілля у непрямий спосіб на відміну від прямого має не одну, а декілька стадій конверсії вихідної сировини і проміжних технологічних продуктів. Сучасні промислові технології непрямого зрідження вугілля можна поєднати у дві групи [7]:

- технології з переробки вугілля у СРП (синтетичну нафту) за методом Фішера-Тропша з подальшим одержанням дизельного палива та бензину;
- технології з переробки вугілля у метанол з подальшим одержанням бензину.

Перша група технологій сьогодні має більш широке

практичне застосування не тільки порівняно з технологіями другої групи, а й серед усіх технологій СТЛ (coal-to-liquids). Основною причиною її затребуваності є можливість одержання СРП з високим вмістом вуглеводнів, що складають основу дизельного палива, ринок якого сьогодні зростає випереджаючими темпами порівняно з ринками інших нафтопродуктів.

Крім комерційного аспекту, в розповсюдженні технологій непрямого зрідження вугілля значну роль зіграв розвиток технологій GTL (gas-to-liquids). Технології першої групи, окрім загального кінцевого продукту, об'єднує і застосування як головного елемента технологічної схеми виробництва процесу синтезу рідких вуглеводнів із синтез-газу (суміш CO та H₂), яке характерне і для технологій GTL. Цей фактор визначає можливість використання більшої частини апаратного оснащення технологій GTL для синтезу вуглеводнів.

Зважаючи на вищенаведене, основну увагу у цій статті було приділено технологіям непрямого зрідження вугілля за методом Фішера-Тропша. Вхідним технологічним продуктом фінішної стадії непрямого зрідження вугілля – синтезу Фішера-Тропша є синтез-газ. Конверсія вугілля у синтез-газ проводиться у спосіб його газифікації.

На цей час існує цілий ряд промислових процесів газифікації вугілля, які використовуються для виробництва синтез-газу. Зі всього спектра процесів газифікації вугілля слід виділити процеси, які застосовуються в технологіях СТЛ.

У цей час розроблено понад 50 типів газогенераторів для газифікації вугілля, однак найширше промислово застосування знайшли чотири з них (табл. 1): Lurgi та British Gas Lurgi, Winkler і високотемпературний Winkler, Koppers-Totzek (Німеччина) і Техасо (США). У подальшому розвитку технології газифікації набули поширення технології Siemens, Prenflo (Німеччина), General Electric Energy, E-GAS (США), Shell (Данія – Велика Британія) та ін. [7; 8].

Процес газифікації методом Lurgi відрізняється високим ступенем конверсії вуглецю, що досягає 99 %. Термічний ККД газогенератора становить 75–85 %. Перевагою процесу Lurgi є також те, що він проводиться при підвищеному тиску, що значно збільшує одиничну продуктивність газогенератора і дозволяє знизити витрати на стиснення газу під час його використання в подальших синтезах.

Процес Winkler – перший промисловий процес газифікації вугілля. Максимальна одинична потужність діючих газогенераторів цього типу в цей час складає 33 тис. м³ газу на годину. Контроль здійснюється шляхом переробки вугілля у псевдозрідженому шарі при атмосферному тиску. Температура в шарі підтримується на 30...50 °С нижче температури розм'якшення золи, яка виводиться з реактора в сухому вигляді. Цей процес забезпечує високу продуктивність, можливість переробки різних видів вугілля і управління складом кінцевих продуктів. Однак у цьому процесі мають місце великі втрати вугілля, яке не прореагувало, – до 25–30 % (мас.). Псевдозріджений шар відрізняється великою чутливістю до змін режиму процесу, а низький тиск лімітує продуктивність газогенераторів.

Представником процесів газифікації пилоподібно-го палива в режимі виносу є процес Koppers-Totzek і одна з його різновидностей Prenflo (Pressurized Entrained Flow).

Порівняльна характеристика сучасних промислових газогенераторів [7; 8]

Показник	Газогенератор			
	Lurgi	Winkler	Koppers-Totzek	Техасо
Характеристики вугілля:	Усі види вугілля, окрім коксівного	Лігніти та суббітумінозні	Усі види вугілля	
розмір часток, мм	6-40	0,1-8	0,075 (70 %)	0,1-10
вміст вологи, % (мас.)	До 30	До 12	До 8	До 40
Стан вугілля у реакторі	нерухомий шар	псевдозріджений шар	режим виносу	водовугільна суспензія у режимі виносу
Робочий тиск, МПа	2,0-3,0	0,12-0,21	0,14	3,5-4,0
Максимальна температура у газогенераторі, °С	1200	1100	2000	1600
Вид дуття	Парокисневе			
Стан золи	Суха		Рідкий шлак	
Час перебування вугілля у реакторі	1-3 години	20-40 хвилин	0,5-10 секунд	1-10 секунд
Ступінь конверсії вуглецю, %	99	60-90	90-96	99
Максимальна одинична потужність реактора (МОП): по вугіллю, т на годину	75	42,2	35,2	6,0
Максимальна одинична потужність реактора: по газу, тис. м ³ на годину	140	33	55	12
Витрати, т/т МОП:				
кисню	0,50	0,50	0,76	0,85
пари	1,90	0,88	0,24	0,30
Об'ємне співвідношення пара/кисень	5,9	3,1	0,55	0,64
Склад сирого синтез-газу, % (об.):				
CO	18-25	30-50	55-66	52
H ₂	36-40	35-45	22-32	35
CO ₂	27-32	13-25	7-12	12
CH ₄	9-10	0,5-2,0	0,1	0,1
CnHm	0,7			
Середнє співвідношення H ₂ : CO в газі	2,0	1,0	0,5	0,5
Теплота згоряння газу (вища), МДж/м ³	11,5	9-13	10,6-11,8	11,5
Термічний ККД газогенератора, %	75-85	45-75	75-85	75

Внаслідок високої температури процесу для газифікації може бути використано вугілля будь-якого типу, включаючи таке, що спікається, а отриманий газ бідний на метан і не містить конденсуючих вуглеводнів, що полегшує його чищення у майбутньому. До недоліків процесу відносяться низький тиск і підвищена витрата кисню.

Процес Техасо заснований на газифікації водовугільної суспензії у вертикальному футерованому газогенераторі, що працює при тиску до 4 МПа. Процес відпрацьований на дослідно-промислових установках, і на цей час збудована низка великих комерційних газогенераторів. У процесі Техасо не потрібна попередня осушка вугілля, а суспензійна форма сировини спрощує конструкцію вузла його по-

дачі. До недоліків процесу відноситься підвищена витрата палива та кисню, що обумовлено підведенням додаткового тепла на випаровування води.

Традиційні технології промислової газифікації вугілля забезпечують достатню економічну ефективність виробництва синтез-газу і продовжують удосконалюватися. Одним із найбільш перспективних напрямків є використання плазмових технологій газифікації.

На відміну від традиційних, плазмові технології ще не набули широкого використання для газифікації вугілля. У промислових масштабах останні технології сьогодні використовуються в основному для переробки твердих побутових, промислових, будівельних відходів, біомаси тощо,

у синтез-газ, який, своєю чергою, використовується як паливо на ТЕС.

Другим напрямком, який на сьогодні має теоретичну й експериментальну базу досліджень, є плазмова газифікація вугілля різного морфологічного складу. Результатом цих досліджень є цілий ряд технологій, готових до промислового впровадження. Плазмова переробка вугілля для розвитку промисловості становить більший інтерес, ніж

відходів, тому що дозволяє забезпечити випуск синтез-газу в обсягах, які задовольняють потреби не тільки локальних теплових електростанцій, а й великих промислових комплексів по синтезу рідкого палива, мінеральних добрив хімічних продуктів тощо.

Із 2000 р. переважно в розвинених країнах сформувалася група компаній, що працюють і співпрацюють у сфері плазмової переробки рідких відходів (табл. 2).

Таблиця 2

Список постачальників плазмової технології [9–11]

Назва компанії	Країна	Галузь застосування технологій
AlterNRG	Канада	ТПВ, автошини, деревина, небезпечні відходи, вугілля
Advanced Plasma Power (APP)	Велика Британія	ТПВ
Bellwether Gasification Technologies	Німеччина	ТПВ
Bio Arc	США	ТПВ, відходи сільського господарства
Blue Vista Technologies	Канада	ТПВ, небезпечні рідкі та газоподібні відходи
Environmental Energy Resources (EER)	Ізраїль	ТПВ
Encore Environmental Solutions	США	Небезпечні відходи
Enersol Technologies	США	Низькорadioактивні відходи, військова амуніція
Enviroarc Technologies	Норвегія	Відходи шкірообробної промисловості
Europlasma	Франція	Промислові, небезпечні відходи, автошини
GS Plotech	Південна Корея	ТПВ, біомаса, промислові, небезпечні та radioактивні відходи
Hera Plasco	Іспанія	ТПВ
Hitachi Metals	Японія	ТПВ, каналізаційний мул
Hitachi Zosen	Японія	Попіл
Hungaroplasma Services	Угорщина	ТПВ
InEnTec	США	Медичні та небезпечні відходи
Kawasaki Heavy Industries	Японія	Відходи будівництва, азбест
Kinectrics	Канада	ТПВ
Mitsubishi Heavy Industries	Японія	Попіл
MPM Technologies	США	ТПВ, каналізаційний мул, автошини
MSE Technology Applications	США	Небезпечні та військові відходи
Plasma Energy Applied	США	Медичні, промислові та небезпечні відходи
Technology (PEAT) International	США	Відходи фармацевтичної промисловості
Phoenix Solutions	США	Попіл
Plasco Energy	Канада	ТПВ
Pyrogenesis	Канада	Промислові відходи
Radon	Росія	Медичні та небезпечні відходи
Retech Systems	США	Медичні та небезпечні відходи
SRL Plasma	Австралія	Рідкі хімічні відходи
Startech Environmental	США	ТПВ
Tetronics	Велика Британія	Промислові відходи, відпрацьовані каталізатори хімічної промисловості, небезпечні відходи

Постачальників плазмових технологій для газифікації органічної маси можна розділити на вузькоспеціалізовані – працюють в окремих галузях (наприклад, MSE Technology Applications займаються утилізацією небезпечних і токсичних відходів для армії США), проектно-

експериментальні (Plasco Energy group); ті, що розробляють і реалізують масштабні проекти з плазмової переробки ТПВ у будь-якій точці світу.

Найбільш ефективні плазмові технології газифікації біомаси та їх постачальники наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристики різних технологій плазмової газифікації біомаси [9–12]

Характеристики виробництва або модель газифікатора	Сировина	Споживання сировини, т на день	Продуктивність виробництва синтез-газу, м ³ /годину	Склад синтез-газу, %	Продуктивність виробництва електроенергії, мВт/годину	Вартість
Westinghouse (та її підрозділ Alter NRG)						
Газифікатор G65	ТПВ	750	65000	H ₂ – 20,6 CO – 40,46 CO ₂ – 9,99 N ₂ – 4,1 H ₂ O – 24	52	276 млн дол. США капітальних витрат
Газифікатор W15	ТПВ	250	15000		14	65 млн дол. США капітальних витрат Utashinai EcoValley facility, Japan переробка 220 т ТПВ у день
Газифікатор P5	ТПВ	80	5000		4,5	
Europlasma						
CHO-Power in Morcenx, France	ТПВ+ 30 % автошини	400		H ₂ : 31-33 CO: 23-60 CO ₂ : 5-27 N ₂ : 3-14 H ₂ O: 0-8	48	Капітальні витрати 96 дол. на 1 т потужності
Plasco Energy group						
Pilot plant in Ottawa, Canada	ТПВ	85	2600		610 кВт із 1 т сировини	Капітальні витрати 86 дол. на 1 т потужності
InEnTec (Integrated Environmental Technologies, LLC)						
Enhanced Melter at Columbia Ridge	ТПВ	250		H ₂ – 36,5 CO – 41 CO ₂ – 13,8 H ₂ O – 6,3	12 мВт	Капітальні витрати 76,8 дол. на 1 т потужності
Geoplasma						
Plasma gasification facility to process MSW at the St. Lucie County landfill	ТПВ	1000			51 З них: 38 – товарна енергія у мережу; 13 – використовується для власних потреб	325 млн дол. інвестицій у проект на 2000 т у день переробки ТПВ
Solena Group						
Дослідна установка Особливість, надвисока температура, також декларується можливість виробництва СРП	ТПВ	20		H ₂ – 36,3 CO – 43,9 CO ₂ – 6,08 H ₂ O – 9,8	До 40	

З даних табл. 3 можна виділити компанію-лідера, що здійснила кілька великих проектів з переробки ТПВ – Alter NRG (підрозділ корпорації Westinghouse). Ця компанія не тільки здійснила кілька комерційно успішних проектів, а й розробила концепцію «стандартної конструкції» переробки ТПВ. Стандартна конструкція включає у себе плазмову газифікацію ТПВ, очищення синтез-газу і вироблення електроенергії за технологією IGCC (Integrated gasification combined cycle) – парогазового циклу, яка забезпечує електроенергетичний ККД ~ 45–55 %, а ККД когенерації більше 90 %.

Окрім Alter NRG (Westinghouse), є ще кілька компаній, що досягли певних успіхів у комерціалізації технологій плазмової газифікації:

- Europlasma, яка здійснила тільки один проект у Франції;
- Geoplasma, яка виконала один проект у США, використовуючи технології Alter NRG;
- InEnTec з власною оригінальною технологією плазмової газифікації.

Дослідження у галузі плазмової газифікації вугілля, що проводилися ІТФ СО РАН (Росія), КАЗНІЕ НХТІМ (Казахстан), ІГТМНАНУ, дозволяють в єдиному технологічному циклі здійснити їх комплексну переробку з одночасним отриманням синтез-газу з органічної частини вугілля і цінних компонентів – карбіду кремнію, феросиліцію, кремнію та інших з мінеральної його частини.

Дослідження у сфері плазмової газифікації вугілля переважно спрямовані на пошуки найбільш ефективного використання потенціалу мало затребуваних паливних ресурсів і вдосконалення відомих технологій.

Узагальнюючу порівняльну характеристику основних промислових технологій газифікації вугілля наведено у табл. 4.

Вищенаведені дані дозволяють припустити, з достатнім ступенем імовірності, що найбільш доцільним для переробки вугілля у синтез-газ є використання технології плазмової газифікації, але вона ще не досягла промислового розповсюдження.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика основних промислових технологій газифікації вугілля

Показники	Технологія				
	Lurgi	Winkler	Koppers-Totzek	Texaco	Пароплазмова
Характеристики вугілля:	Усі види вугілля, окрім коксівного	Лігніти та суббітумінозні	Усі види вугілля	Усі види вугілля	Усі види вугілля
Робочий тиск у реакторі, МПа	2,0-3,0	атмосферне	атмосферне	1,8-3,5	атмосферне
Максимальна температура у реакторі, °С	1200	1100	2000	1600	1000
Склад сирого газу, % (об):					
H ₂	36-40	35-45	22-32	35	45-50
CO	18-25	30-50	55-66	52	30-40
CO ₂	27-32	13-25	7-12	12	0,2-1,0
CH ₄	9-10	0,5-2,0	0,1	0,1	0,1
Середнє співвідношення H ₂ :CO	2,0	1,0	0,5	0,5	1,24 (2,0*)
Питома теплота згоряння газу, МДж/куб. м	11,5	9-13	11,2	12,9	11,8
Вихід газу з 1 т вугілля, куб. м/т	1400-1700	1600	1650	1884	2270
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	-	1,0
Витрати технічної електроенергії на переробку 1 т вугілля, МВт-ч/т	-	-	-	-	1,0

Висновки з дослідження та перспективи подальших пошуків. Розбудова енергетичної незалежності національного господарства повинна базуватися на створенні автономного енергетичного циклу, вагомою складовою якого є ресурсний цикл моторного палива. В Україні означена складова визначає найбільші ризики енергетичної

безпеки країни. У той же час, незважаючи на занепад національного нафтовидобутку, руйнування національного нафтопереробного комплексу, існують перспективи для імпортозаміщення моторного палива іноземного походження національним, на принципово іншій основі – шляхом створення виробництва синтетичного рідкого палива. Ключо-

вим ланцюгом такого інноваційного проекту є газифікація вугілля з метою подальшої конверсії у рідкі вуглеводні.

У статті проаналізовано зарубіжний досвід із комерціалізації технологій газифікації вугілля у непрямий спосіб і висунуто гіпотезу щодо перспективності технології плазмової газифікації вугілля порівняно з традиційними аналогами, що спираються на процес Фішера-Тропша. Однак низький ступінь комерціалізації плазмової газифікації у світі потребує концентрації національного інноваційного потенціалу та створення дієвих організаційно-економічних механізмів для впровадження пілотного проекту та подальшої комерціалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гунда М. В., Єгер Д. О., Зарубін Ю. О., Сміх П. М., Гладун В. В. 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.
2. Ковтун Г., Степанов А., Матусевич Г. Комплексне використання вугілля для виробництва рідкого палива, газу та електроенергії. *Вісник НАН України*. 2008. № 4. С. 68–75.
3. 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.
4. Геотехнология некондиционных твердых топлив. Київ: Наук. думка, 1990. 268 с.
5. Брик Д., Макітра Р., Кальмук С. Вплив світової енергетичної кризи на перспективи процесу газифікації вугілля. *Праці НТШ. Хем. Біохем*. 2008. Т. 21. С. 198–211.
6. Потапенко І. О. Перспективи виробництва екологічно чистого палива для електростанцій на основі газифікації углей. *Хімія твердого палива*. 2003. № 6. С. 85–92.
7. Hilsenteger J. Catalysts in Petroleum Refining. *Oil and Gas Journal*. 1985. Vol. 83. No. 33. P. 132–135.
8. Кацобашвили Я. Р., Теплякова Г. А., Бухтенко О. Л. Получение светлых топлив гидрокрекингом битуминозных сернистых нефтей. *Химия и технология топлив и масел*. 1984. № 8. С. 8–12.
9. 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>
10. 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-Supply-Infrastructure-Talent-With-Energy.pdf
11. 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
12. Plasma Gasification: Lessons Learned at EcoValley WTE Facility. URL: <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/nawtec18/nawtec18-3515.pdf>

REFERENCES

- Bryk, D., Makitra, R., and Kalmuk, S. «Vplyv svitovoi enerhetichnoi kryzy na perspektyvy protsesu hazyfikatsii vuhillia» [The Impact of the Global Energy Crisis on Prospects for the Gasification Process of Coal]. *Pratsi NTSh. Khem. Biokhem*. vol. 21 (2008): 198-211.
- 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>
- Geotekhnologiya nekonitsionnykh tverdykh topliv* [Geotechnology of substandard solid fuels]. Kyiv: Naukova dumka, 1990.
- Hunda, M. V. et al. «Rozvytok tekhnologii pererobky pryrodnoho hazu v ridki syntetychni palyva ta perspektyvy yikh vprovadzhennia dlia rozrobky rodovyshch vuhleводнів» [Development of technologies for the processing of 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.
- Hilsenteger, J. «Catalysts in Petroleum Refining» *Oil and Gas Journal* vol. 83, no. 33 (1985): 132-135.
- Katsobashvili, Ya. P., Teplyakova, G. A., and Bukhtenko, O. L. «Polucheniye svetlykh topliv gidrokrekingom bituminoznykh sernistykh neftey» [Production of light fuels by hydrocracking of bituminous sulfur oils]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel*, no. 8 (1984): 8-12.
- Kovtun, H., Stepanov, A., and Matusевич, H. «Kompleksne vykorystannia vuhillia dlia vyrobnytstva ridkoho palyva, hazu ta elektroenerhii» [Comprehensive use of coal for the production of liquid fuel, gas and electricity]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 4 (2008): 68-75.
- Makarov, V. M., Perov, M. O., and Novytskyi, I. Yu. «Analiz ta perspektyvy rozvytku burovuhilnoho kompleksu Oleksandriiskoho rehionu» [Analysis and prospects of the brown coal complex in the Alexandria region]. *Problemy zahalnoi enerhetyky*, no. 3 (2011): 19-24.
- Potapenko, I. O. «Perspektyvy proizvodstva ekologicheskogo chistogo topliva dlya elektrostansiy na osnovе gazifikatsii ugley» [Prospects for the production of environmentally friendly fuels for power plants based on coal gasification]. *Khimiya tverdogo topliva*, no. 6 (2003): 85-92.
- 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
- «Plasma Gasification: Lessons Learned at EcoValley WTE Facility» <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/nawtec18/nawtec18-3515.pdf>
- 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