



#### **СТРИЖАК**

**Петро Євгенович** – член-кореспондент НАН України, завідувач відділу каталітичних синтезів на основі одновуглецевих молекул Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

## **ПЕРСПЕКТИВИ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛІТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА СИНТЕТИЧНОГО МОТОРНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ З ВІТЧИЗНЯНОЇ СИРОВИНИ**

Шановний Анатолію Глібовичу!

Шановні члени Президії та учасники Загальних зборів!

Одне з найголовніших завдань науки полягає в посиленні безпеки нашої держави, зокрема забезпеченні її енергетичної безпеки. Сьогодні, в умовах повномасштабної російсько-української війни, проблема енергетичної безпеки, передусім наявності на ринку моторного палива, постала особливо гостро. Одним із перспективних шляхів її вирішення є налагодження в Україні гетерогенно-каталітичного виробництва синтетичного моторного палива з вітчизняної сировини.

Загалом споживання моторного палива в Україні становить 10 млн т на рік, у тому числі дизельного палива – 6 млн т на рік, бензину – 2,5 млн т на рік і скрапленого газу – 1,5 млн т на рік. При цьому власний річний видобуток вуглеводнів у нашій державі становить близько 2,5 млн т, з яких 2 млн т – це нафта, 0,5 млн т – газовий конденсат. Отже, дефіцит вуглеводнів в Україні оцінюється в 7,5 млн т на рік і покривається лише завдяки імпорту.

Проте Україна, крім нафти і газу, має інші види вуглецевої сировини, запаси яких є досить великими. Це кам'яне вугілля, буре вугілля, торф, а також аграрні енергетичні культури, побутові та сільськогосподарські відходи. Запаси кам'яного вугілля оцінюють у 16 млрд т, середній річний видобуток становить 24 млн т, зокрема енергетичного вугілля – 18,5 млн т і коксівного вугілля – 5,5 млн т, а імпорт досягає 20 млн т. Слід зазначити, що до 2014 р. Україна видобувала 55 млн т кам'яного вугілля на рік. Що стосується бурого вугілля, то його запаси становлять 17 млрд т, з яких 2 млрд т можна добувати відкритим способом, але сьогодні видобутку бурого вугілля в енергетичних цілях в Україні практично немає. Запаси торфу оцінюють у 2 млрд т, а власний видобуток становить 0,3 млн т на рік. За оцінками експертів, максимально можлива кількість моторного палива, отриманого з енергетичної рослинної сировини

та побутових і сільськогосподарських відходів, не перевищує 2 млн т на рік, чого явно недостатньо для покриття дефіциту. Отже, єдиним реальним із перелічених варіантів забезпечення енергетичної незалежності нашої країни є перероблення вугілля в моторне паливо.

Технологічно процес одержання моторного палива з вугілля є двостадійним. На першій стадії проводять газифікацію вугілля з отриманням так званого синтез-газу, який являє собою суміш монооксиду вуглецю і водню. На другій стадії відбувається гетерогенно-каталітичний процес перероблення синтез-газу в моторне паливо різного складу. Процес газифікації вугілля добре відпрацьований і в науковому, і в інженерному плані, є кілька поширених технологічних схем, таких як газифікація у щільному шарі, або метод Лургі (British Gas/Lurgi), в киплячому шарі за методом Вінклера (U-gas, KRW, Westinghouse Corporation) і в потоці за методом Копперса—Тотцека (Texaco, Shell, Prenflo, Destec).

У нашій Академії проблемами газифікації вугілля займаються в Інституті газу НАН України, Інституті теплоенергетичних технологій НАН України та в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. Українські вчені розробляють різні каталізatori, які дозволяють спрямовувати процес у потрібному напрямі, з метою отримання певних співвідношень CO і H<sub>2</sub> у синтез-газі.

Однак «серцем» процесу одержання синтетичного рідкого моторного палива є синтез Фішера—Тропша, в якому гідруванням синтез-газу отримують суміш вуглеводнів (власне, моторне паливо) і воду:  $n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + n\text{H}_2\text{O}$ . Процес відбувається за помірних температур (220–300 °C) і високого тиску (порядку 10–40 атм).

Слід зазначити, що серед усіх процесів великотоннажного хімічного виробництва синтез Фішера—Тропша є одним з найбільш повільних і низькоефективних через те, що каталізatori, які використовують сьогодні у промисловості, мають невисоку продуктивність. Це, у свою чергу, зумовлює потребу в досить значних капіталовкладеннях, необхідних для виробництва синтетичного моторного палива.

В Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України розроблено каталізатор FeCoZr(IV)/SiO<sub>2</sub> для процесу Фішера—Тропша, який за продуктивністю в кілька разів перевершує відомі промислові аналоги.

Оскільки процес Фішера—Тропша є гетерогенно-каталітичним, за допомогою різних каталізаторів, створених у нашому інституті, можна керувати складом продуктів, отримуючи переважно або бензинову фракцію, або дизельну, або скраплений газ (табл. 1).

Є й інший спосіб перероблення синтез-газу у вуглеводні, розроблений ще в 1970-х роках компанією Mobil. Він полягає в тому, що на першій стадії з використанням CuO/ZnO/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-каталізатора за температури 260–270 °C і тиску 50 атм отримують метанол, який є продуктом великотоннажного хімічного виробництва. До речі, Україна свого часу була світовим лідером з виробництва метанолу за цією схемою, тому технологічні параметри першої стадії добре відпрацьовані. На другій стадії на цеолітному каталізаторі (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) отримують диметиловий ефір, який фактично є аналогом дизельного палива.

Порівняння складу вуглеводневих продуктів, отриманих за синтезом Фішера—Тропша і технологічною схемою Mobil, наведено в табл. 2.

В Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України розроблено процес прямого одержання диметилового ефіру з синтез-газу,

Табл. 1. Порівняння каталізаторів процесу Фішера—Тропша, розроблених в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

Характеристики	Каталізатор		
	CoMg/ /SiO <sub>2</sub>	FeCoZr(IV)/ /SiO <sub>2</sub>	Fe(Me)/ /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Продуктивність, кг/(м <sup>3</sup> <sub>кат</sub> ×год)	37	318	70
<i>Вміст вуглеводнів в отриманому продукті, %</i>			
Метан	3	4	5
Скраплений газ	10	9	<b>80</b>
Бензин	32	<b>50</b>	9
Дизель	<b>48</b>	28	4
Мазут	4	3	2

**Табл. 2. Порівняння складу вуглеводневих продуктів, отриманих за синтезом Фішера–Тропша і технологічною схемою Mobil**

Склад продуктів, %	Технологічні схеми	
	Фішера–Тропша	Mobil
Метан	20	1
Скраплений газ	23	18
Бензин	39	81
Дизель	5	0
Мазут	6	0

тобто в одну стадію з використанням поліфункціонального каталізатора. Це перспективна технологія, яка забезпечує досить високу продуктивність процесу (700–780 г/л<sub>кат.</sub>·год) і дозволяє істотно зменшити капітальні витрати на виробництво диметилового ефіру.

На сьогодні у світі за процесом Фішера–Тропша виробляють близько 9 млн т синтетичного моторного палива. Компанія Sasol має два заводи, розміщені в Південно-Африканській Республіці, з річною потужністю 265 тис. т і 5,88 млн т. Компанія Petro SA також має у ПАР один завод потужністю 1,08 млн т на рік, а завод компанії Shell MDS потужністю 670 тис. т на рік розташовано в Малайзії.

Україна, маючи великі запаси бурого вугілля і торфу, може покрити свій дефіцит моторного палива завдяки їх переробленню у вуглеводневі продукти. Так, з 1 т бурого вугілля екстракцією можна виділити 100–200 кг органічних речовин, далі піролізом отримати до 100 кг фракції бензолу-сирцю, газифікація якого до синтез-газу з подальшим каталітичним перетворенням забезпечує отримання 200 кг моторного палива. Аналогічно з 1 т торфу екстракцією можна виділити до 500 кг органічних речовин, отримати до 50 кг бензолу-сирцю, з якого одержати до 100 кг моторного палива. При цьому на першій стадії утворюються такі цінні органічні сполуки, як гумінові речовини, фульвокислоти, бітум, віск тощо.

Отримання синтетичного моторного палива з вугілля є дуже економічно привабливим для України виробничим процесом. Як я вже зазна-

чав, сьогодні наша держава імпортує вуглеводні (бензин, дизель, скраплений газ) обсягом 7,5–8 млн т на рік. Якщо ж ми купуватимемо нафту і самі перероблятимемо її на наших нафтопереробних заводах, то річні витрати становитимуть приблизно \$7,2 млрд за ціни на нафту \$120 за барель. Зараз ми витрачаємо набагато більше, оскільки завозимо перероблений продукт. З іншого боку, інвестиції, необхідні для будівництва заводів з перероблення вугілля, експерти оцінюють на рівні \$1 млрд на виробництво 1 млн т синтетичного моторного палива на рік. Оскільки загальні річні потреби України для покриття дефіциту палива становлять 7 млн т, то на їх забезпечення за рахунок переробки вугілля знадобиться \$7 млрд капіталовкладень. Отже, ці цифри зіванні.

У разі, якщо держава обере саме такий шлях подолання дефіциту пального, потрібно якнайшвидше розпочати реалізацію пілотного проекту з виробництва моторного палива з вугілля, вартість якого можна оцінити від \$10 млн до \$100 млн залежно від різних умов, а терміни виконання — від одного до двох років. Причому надалі завод можна створити простим масштабуванням пілотного проекту.

До того ж організація циклу виробництва палива з вугілля сприятиме розвитку й інших галузей економіки, зокрема нафтохімічної промисловості, хімічного машинобудування, виробництва пластмас, каталізаторів, добрив тощо.

Отже, аналіз технічних та економічних параметрів гетерогенно-каталітичного перетворення синтез-газу на вуглеводні свідчить, що для вирішення проблем із забезпеченням України моторним паливом потрібно переробляти або 20 млн т/рік кам'яного вугілля, або 30 млн т/рік бурого вугілля, або 40 млн т/рік торфу. Це дозволить виробляти не лише весь спектр моторного палива (бензин, дизель, скраплений газ), а й низку цінних органічних продуктів та (за потреби) метанол і диметилловий ефір. Установи НАН України мають відповідні розробки, відпрацьовані технологічні рішення, висококваліфіковані кадри та інфраструктуру, необхідні для наукового супроводу цього амбітного проекту.

Дякую за увагу!