



ЖУК

Геннадій Віліорович —
доктор технічних наук,
професор, директор Інституту
газу НАН України

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ

Стенограма доповіді на засіданні
Президії НАН України 8 червня 2022 року

У доповіді зазначено, що однією з нагальних проблем, які постали сьогодні перед Україною і потребують термінового вирішення, є зменшення імпортозалежності нашої держави в паливній галузі. Установи НАН України мають значний науковий потенціал і накопили багаторічний досвід з розвитку та впровадження новітніх технологій виробництва, переробки й ефективного використання альтернативних автомобільних палив — біо-метану, біодизелю, синтетичного моторного палива, а також водню.

Шановний Анатолію Глібовичу!

Шановні члени Президії!

Проблема імпортозалежності нашої держави у сфері забезпечення автомобільним паливом існує вже давно. До 24 лютого 2022 р. Україна імпортувала понад 80 % пального, причому лєвова частка нафтопродуктів постачалася з Республіки Білорусь та Російської Федерації. З початком широкомасштабних воєнних дій РФ проти України така сильна залежність від цих країн зумовила катастрофічний дефіцит автомобільного палива. Ситуація із забезпеченням паливом ще більше загострилася внаслідок блокування Росією морських шляхів українського імпорту, порушення логістики та постійних ракетних обстрілів з боку агресора, що призвели до знищення паливної інфраструктури та руйнування єдиного стратегічного підприємства з виробництва нафтопродуктів — Кременчуцького НПЗ. Вирішення цієї проблеми потребує від держави прийняття стратегічних рішень, одним з яких може бути організація і підтримка загальнонаціональних проєктів із заміщення традиційних автомобільних палив альтернативними, такими як біодизель, біоетанол, біометан, синтетичні рідкі палива.

Важливо, що у сфері отримання альтернативного автомобільного палива виключно з вітчизняної сировини установи

НАН України мають необхідний науковий потенціал, багаторічний досвід досліджень, а також перспективні технологічні розробки.

Дуже коротко зупинюся на описі загальної картини балансу викопних палив в Україні.

Так, у 2021 р. видобуток вугілля становив 29,4 млн т, з яких 22,2 млн т — енергетичне вугілля, а 7,2 млн т — коксівне. При цьому вугледобувні підприємства Донецької області видобули 11,9 млн т, Дніпропетровської — 16,3 млн т, Львівської — 1,2 млн т (скорочення на 10 % порівняно з 2020 р.). Імпорт вугілля минулого року становив 19,5 млн т (60 % — постачання з РФ), з яких 10,2 млн т — енергетичне вугілля, тобто частка імпорту в загальному споживанні вугілля становила 40 %.

Власної нафти Україна видобувала лише 1,6 млн т. При цьому ринок *дизельного палива* оцінювався в 7,4 млн т, з яких 1,1 млн т становило вітчизняне виробництво, а імпортувалося 6,3 млн т (85 %); ринок *бензину* — 2,1 млн т, з яких імпорт становив 1 млн т (48 %).

Власний видобуток природного газу становив приблизно 20 млрд м³. У структурі газового видобутку минулого року 69 % припадало на державну компанію АТ «Укргазвидобування», 25 % — на приватні компанії, решта (4 %) — на ПАТ «Укрнафта». Споживання газу в Україні з року в рік поступово скорочується і в 2021 р. становило 28 млрд м³, тобто реальна частка імпорту газу наближалася до 30%.

Крім зазначених вище дизелю і бензину, є й інші види автомобільного палива. Так, ринок *скрапленого газу* (пропан-бутан, LPG) у 2020 р. становив майже 2 млн т, з яких 400 тис. т було вироблено в Україні, тобто імпорт наближається до 80 %. Що стосується *стисненого газу* (метан, CNG), то у зв'язку з ринковою ситуацією останніми роками автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС) працювали лише на 10 % від своєї номінальної продуктивності, але потенціал використання цього виду палива оцінюють приблизно в 1 млрд м³. Частку імпорту стисненого газу умовно можна вважати еквівалентною імпорту природного газу — приблизно 30 %. Такі види автомобільного палива, як *зріджений газ* (ме-

тан, LNG) і *водень*, в Україні практично не використовуються.

Водночас Україна взяла на себе певні зобов'язання у сфері запобігання змінам клімату: у 2016 р. ратифікувала Паризьку угоду, у 2020 р. підтримала Європейський зелений курс, брала участь у конференції ООН з питань зміни клімату, яка відбулася 31 жовтня 2021 р. у Глазго. Такі документи, як рішення РНБО України «Про виклики і загрози національній безпеці України в екологічній сфері та першочергові заходи щодо їх нейтралізації» та відповідний Указ Президента України, передбачають створення стратегії низьковуглецевого розвитку України на період до 2050 р. і концепції Державної науково-технічної програми у сфері зміни клімату. Україна представила також амбітний план другого Національно визначеного внеску (НВВ-2) для досягнення кліматичних цілей. І хоча в НВВ-2 акцент зроблено на розвитку електротранспорту, велику увагу в ньому приділено й використанню різних видів альтернативного автомобільного палива, які мають замінити традиційне пальне.

Отже, на сьогодні в Україні практично немає внутрішнього виробництва традиційного автомобільного палива (бензин, дизель, пропан-бутан). Натомість природний газ внутрішнього видобутку стає стратегічним видом палива, а тому можливо збільшити завантаження АГНКС. Як сировину для альтернативного автомобільного палива можна використовувати кам'яне вугілля, буре вугілля, біомасу, органічну частину побутових і промислових відходів, спирти, олію, біогаз, природний газ та їх комбінації. Однак вугілля як сировину слід розглядати з певними екологічними та кліматичними застереженнями. Ціни й номенклатура доступних на внутрішньому ринку видів палива швидко змінюються, а тому стратегічно важливо мати широкий спектр вітчизняних технологій, які з огляду на ситуацію можна застосовувати для задоволення потреб. Зокрема, йдеться про технології виробництва стисненого метану (CNG) з біогазу для заправок АГНКС, біодизелю, синтетичного палива з вугілля та біосировини, водню тощо. Завдяки до-

датковим обсягам внутрішнього виробництва автомобільного палива значно підвищиться рівень енергетичної безпеки держави та її стабільність.

Альтернативні газові палива. Потенційно замінити імпортоване автомобільне паливо можна за допомогою альтернативних видів газового палива, серед яких слід виокремити:

- *генераторний газ* ($\text{CO} + \text{H}_2$) як продукт термічної переробки вуглецевмісних відходів;
- *біогаз* ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) — це звалищний газ, біометан і вуглекислий газ як побічний продукт;
- *водень* (H_2), а саме: біоводень, «зелений» водень, водень із вуглеводнів.

Генераторний газ і біогаз можуть бути вироблені з однієї й тієї самої сировини — біомаси сільськогосподарських та інших органічних відходів. В Інституті газу НАН України розроблено технологію одержання *генераторного газу* з деревинних відходів і гранульованих відходів аграрної діяльності (з 2,7 кг біопалива можна отримати 1 м³ газу). В умовах промислової експлуатації підтверджено надійність, безпечність і встановлено робочі характеристики комплексів енергетичною потужністю 2 і 3 МВт (рис. 1). Ці газифікатори можна розглядати як засіб для виробництва синтез-газу для подальшого синтезу рідких палив.

Біогаз є одним з найперспективніших видів палива для використання саме в Україні, оскільки ми маємо величезний потенціал для переробки сільськогосподарських відходів. Звалищний газ як різновид біогазу виділяють з органічної частини побутових відходів. В Інституті газу НАН України впроваджено 7 проєктів з видобування та утилізації звалищного газу на сміттєвих полігонах у Києві, Борисполі, Броварах, Миколаєві, Житомирі, Черкасах, Кам'янці-Подільському (рис. 2). Загалом на полігонах твердих побутових відходів видобуто понад 30 млн м³ метану, вироблено й поставлено в мережу на безперервній основі більш як 100 млн кВт·год електроенергії, викиди парникових газів було скорочено приблизно на 500 тис. т в CO_2 -еквіваленті. Водночас ширше впровадження розроблених технологій дасть змогу щороку стабільно виробляти 500 млн м³ метану.



Рис. 1. Газогенератор експлуатаційною потужністю 2 МВт, встановлений на Малинській паперовій фабриці



Рис. 2. Комплекс з переробки звалищного газу потужністю 1 МВт (Київська область)

Сьогодні весь біогаз в Україні переробляють в електроенергію за «зеленим» тарифом — налічується близько 100 МВт встановлених потужностей. Однак зараз спостерігається профіцит електроенергії, і цей біогаз доцільно використовувати як сировину для отримання палива. У співпраці з науковцями Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України розроблено біотехнологію прискореної деструкції відходів звалищ з високим виходом біогазу, що в 12 разів збільшує швидкість утилізації органічної частини твердих побутових відходів.

В Інституті газу НАН України ми розробили енергоефективну технологію виробництва біометану з біогазу з використанням амінового абсорбційного процесу. Застосування модифікованого абсорбенту знижує енергетичні ви-



Рис. 3. Біогазовий комплекс на Теофіпольському цукровому заводі



Рис. 4. Одна з автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС) підприємства «Укравтогаз»

трати в 2–3 рази порівняно з традиційною технологією. Також ми створили першу в Україні дослідну установку з отримання цільової фракції метану (концентрація 95 %) і діоксиду вуглецю (99 %). Склад біометану відповідає вимогам Кодексу газотранспортної системи і Технічного регламенту на газ для споживачів, а вуглекислоти — вимогам товарних стандартів.

Слід зазначити, що біометан є дуже поширеним у світі паливом. Так, у країнах Європейського Союзу за підсумками 2021 р. функціонували 1023 великі біометанові заводи зі щорічним виробництвом 32 ТВт·год, або 3,6 млрд м³. У скандинавських країнах наповненість газопроводів уже забезпечується на 30 % саме біометаном. Як автомобільне паливо біометан використовують у стисненому або зрідженому вигляді. Перевагою стисненого газу є низькі витрати на виробництво (0,3 кВт·год/кг), проте його використання потребує засто-

сування товстостінних ємностей і дотримання підвищених вимог до безпеки. Зріджений газ більш зручний у транспортуванні, але характеризується відносно високими витратами на виробництво (1 кВт·год/кг). Стисненим газом заправляють переважно муніципальний транспорт, зрідженим — вантажівки для дальніх перевезень.

Наведу конкретний приклад виробництва та використання біометану в Україні. У Хмельницькій області на підприємстві ПАТ «Теофіпольський цукровий завод» функціонує найбільший в Україні біогазовий комплекс потужністю 15,6 МВт, або 6 тис. м³ біогазу на годину (рис. 3). Майже 90 % виробленої електроенергії зараз постачається в мережу за «зеленим» тарифом. Загальний обсяг інвестицій у цей комплекс становив 40 млн євро. У разі введення в дію установки з розділення біогазу такий комплекс може виробляти близько 30 млн м³ біометану на рік (енергетичні витрати — 1 кВт·год/м³ метану). Споживач в Україні також є. Це дочірнє підприємство «Укравтогаз» НАК «Нафтогаз України», яке має розгалужену систему АГНКС (рис. 4) і потенційно здатне обслуговувати до 1 млн одиниць автотранспорту.

Отже, в Україні вже сьогодні можна створити пілотний ланцюжок з виробництва біометану для заправки автомобілів стисненим газом. У подальшому використання вітчизняних енергоефективних технологій одержання біогазу та біометану дасть змогу побудувати конкурентоспроможну вертикально структуровану галузь автомобільного газового палива.

Водень як альтернативний вид газового палива має дуже великі перспективи, але не зараз, а в майбутньому: для його реального використання потрібно ще побудувати відповідну інфраструктуру (виробництво, транспортування, зберігання водню, водневі автомобілі, заправні станції), забезпечити певні умови експлуатації та створити цілу низку технологій. Важливу роль у цьому процесі має відігравати українська наука.

У рамках виконання цільових програм наукових досліджень НАН України, спрямова-

них на розвиток водневої енергетики, установи НАН України заклали фундаментальні основи отримання водню, перспективні для промислової реалізації; запропонували підходи до розроблення технологічних рішень для одержання водню із застосуванням парового риформінгу відновлюваної сировини, зокрема рослинного походження; розробили методи його отримання шляхом електролізу, фотоелектрокаталітичного розкладу води, термохімічних перетворень, парової конверсії метану з утилізацією вуглекислого газу; створили двоетапну систему, яка забезпечує ефективне зброджування твердих харчових відходів з отриманням водню та доочищенням фільтрату від розчинених органічних сполук (жирні кислоти і спирти).

У світі вже почали використовувати водень як автомобільне паливо. Так, у 2013 р. на ринку з'явився водневий гібридний автомобіль на паливних елементах Toyota Mirai. Станом на кінець 2019 р. в Японії, США та Європі було продано 10 250 одиниць цих авто, а в грудні 2020 р. в США дебютувало друге покоління моделі. У вересні 2021 р. в Україну завезли і зареєстрували два вживаних автомобілі Toyota Mirai, хоча жодної водневої заправки у нас поки що немає.

Зважаючи на потенційну роль України як європейського виробника «зеленого» водню, в Інституті газу НАН України в рамках співробітництва з консорціумом «Гідроген» виконано дослідження щодо умов використання водню та водневмісних газових сумішей (рис. 5). Теоретично та експериментально доведено можливість безпечного використання сумішей природного газу з воднем з концентрацією H_2 до 50 %. Також вивчено вплив водню на поліетиленові труби, герметичність матеріалів і з'єднань низького та середнього тиску, створено відповідні експериментальні стенди.

Альтернативні рідкі палива. Загалом Україна має досить високий потенціал для виробництва альтернативних видів рідкого палива, таких як біоетанол, біодизель та синтетичне моторне паливо. Що стосується *біоетанолу* та *біодизелю*, то за даними 2017 р. у світі виробле-



Рис. 5. Установа Інституту газу НАН України для спалювання суміші водню з природним газом

но близько 85 млн т цих видів палива, найбільшими виробниками були США (36,9 млн т), Бразилія (18,5 млн т) і Німеччина (3,3 млн т).

В Україні станом на 2020 р. налічувалося 20 підприємств — потенційних виробників біоетанолу, які могли б виробляти 300 тис. т/рік, проте реально працюють лише 8 підприємств з потенційною потужністю 128 тис. т/рік, які, однак, виробили лише 47,01 тис. т у нафтовому еквіваленті. Сировиною для одержання біоетанолу є цукровий буряк, цукрове сорго, зернові культури.

Виробництво біодизельного палива у статистичних даних в Україні не зафіксовано, хоча потенціал оцінюють на рівні 2 млн т/рік, оскільки сировиною для отримання біодизелю є технічна олія, а також ріпак і соя, тобто культури, які ми вирощуємо та активно експортуємо. Цей обсяг, до речі, міг би замінити 20 % імпортованого Україною дизелю.

Сировиною для виробництва *синтетичного моторного палива* може бути кам'яне вугілля, буре вугілля, деревина, біомаса, побутові та промислові відходи. Можливості використання цього високотехнологічного продукту проілюструю на прикладі проекту, розробленого харківським ДП «Гіпрококс». Цей міжнародний інвестиційний проект, спрямований на забезпечення сталого розвитку Львівської області, передбачає будівництво нових шахт на Тяглівському родовищі енергетичного кам'яного

вугілля та заводу з виробництва синтетичного моторного палива. Технологічна схема включає газифікацію видобуваного вугілля з отриманням синтез-газу, вилучення вуглекислоти і виробництво бензину та/або диметилового ефіру. Потужності розраховано на переробку 4 млн т вугілля на рік на першому етапі і 6 млн т — на другому із запланованим виробництвом 700 тис. т бензину А95 та/або 1 млн т диметилового ефіру. Вторинною продукцією комплексу можуть бути шлак для будівництва доріг, сірка або сірчана кислота, скраплений CO₂, електроенергія, теплова енергія. Повна вартість проєкту становить 4,6 млрд дол. США.

Висновки. Отже, в установах НАН України створено цілу низку технологічних рішень, які дозволяють збільшити обсяги виробництва альтернативних видів автомобільного палива та замінити значну частину імпортованого Україною пального.

Набутий фахівцями Інституту газу НАН України досвід промислової переробки звалючого біогазу й технологічної підтримки розвитку системи АГНКС в Україні має бути

використаний з метою створення вітчизняного виробництва автомобільного біометану потужністю 1,2 млрд м³ на рік, що еквівалентно 1 млрд л бензину. Це дасть змогу відновити повноцінне функціонування мережі заправних станцій АГНКС, розрахованої на обслуговування як мінімум 500 тис. авто, та сприятиме декарбонізації вітчизняної транспортної галузі.

Розроблені технології газифікації вуглецевої сировини, гетерогенно-каталітичного перетворення продуктів газифікації вугілля на синтетичне моторне паливо, амінової абсорбції вуглекислого газу можуть додатково забезпечити виробництво 2,3 млрд л бензину на рік. Для цього необхідно продовжити дослідження та зміцнити експериментальну базу для розроблення ефективних технологій одержання альтернативних видів автомобільного палива. Іншого шляху для подолання критичної залежності України від імпорту палива немає.

Дякую за увагу!

За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик

Hennadiy V. Zhuk

Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8281-2939>

PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF ALTERNATIVE AUTOMOTIVE FUEL IN UKRAINE

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, June 8, 2022

The report states that one of the pressing problems facing Ukraine today and requiring an urgent solution is the reduction of our country's dependence on imports in the fuel industry. Institutions of the NAS of Ukraine have significant scientific potential and have accumulated long-term experience in the development and implementation of the novel technologies for the production, processing and effective use of alternative automotive fuels — biomethane, biodiesel, synthetic motor fuel, and hydrogen.