

Г. КОВТУН

АЛЬТЕРНАТИВНІ МОТОРНІ ПАЛИВА

Запаси на Землі традиційних енергоносіїв – нафти, газу і вугілля – при стрімкому зростанні їх видобутку поступово вичерпуються. Людство постало перед проблемою пошуку нових джерел енергії, причому тут доводиться розв'язувати цілий ланцюг проблем, якщо ми хочемо створити наукоємні і недорогі технології одержання альтернативних видів палива. Їх енергоємність і доцільність використання аналізує автор статті.

КОЛИ ЗАКІНЧИТЬСЯ НАФТА

Головною сировиною для виробництва моторних палив і дотепер є нафта. Як видно з даних, наведених у таблиці, скорочення темпів її світового видобутку (у мільярдах тонн) поки що не варто очікувати.

За несприятливих прогнозів до 2020 року (див. таблицю) добудуть усю розвідану нафту – це 140 ÷ 150 млрд т (в Україні – 56 млн т). Цікаво, що численні публікації, де знаходимо аналогічні цифри, іноді закінчуються порівнянням цієї ситуації із загибеллю «Титаника»: корабель уже одержав пробоїну, а пасажери все ще танцюють у салоні під звуки оркестру.

Як разюче швидко, всього за одне століття, людство витратило основну частину найціннішої вуглеводневої сировини, що створювалась у надрах Землі протягом сотень мільйонів років! Причому витрачається нафта дуже нерозумно: понад половину її видобутку йде на виробництво моторного палива для подальшого спалювання у дви-

гунах та енергетичних установках. Принагідно згадаємо проникливе застереження Д.І. Менделєєва, яке він висловив ще 1884 року: використовувати нафту як паливо – це те саме, що розпалювати піч асигнаціями.

Поширені прогнози щодо повного виснаження запасів нафти і спричиненої цим світової кризи можуть виявитися хибними, якщо людство знайде нові потужні джерела нафти чи вживе рішучих заходів з обмеження її споживання.

Однак упродовж останнього десятиліття щось не чути про відкриття великих родовищ нафти, зокрема в Україні. Навіть якщо й будуть знайдені нові, не відомі раніше родовища, то за таких стрімких темпів світового споживання нафти це лише відстрочить вичерпання її запасів, можливо, до середини ХХІ століття. Зазначимо, що про вичерпність нафтових ресурсів учені замислювалися ще на початку зародження сучасної нафтохімії. Відомий хімік-органік В.Є. Тищенко (1861–1941) у книзі «Хімічна промисловість і вій-

© КОВТУН Григорій Олександрович. Член-кореспондент НАН України. Заступник директора Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України (Київ). 2005.

Роки	До 1900	1901–1920	1921–1940	1941–1960	1961–1980	1981–2000	2001–2020 (прогноз)
Видобуток нафти	0,07	0,9	3,7	10,0	36,4	60,8	147,8

на» (1923) писав: «... *Видобуток нафти йде таким швидким темпом, що висловлюються побоювання за повне виснаження нафтових запасів протягом найближчих 30 років*». Відтоді минуло вісім десятиліть, із надр Землі добуто понад 130 млрд тонн нафти, щорічні обсяги її видобутку зросли в сотні разів, а запаси цієї сировини чомусь оцінюються тією самою магічною цифрою – на 30 років.

У багатьох країнах світу сьогодні істотно активізувалися дослідницькі роботи зі створення альтернативних (*не нафтових*) моторних палив, які відповідають вимогам високих експлуатаційних показників та нормативам екології. Передбачені розробка національних концепцій виробництва і використання альтернативних палив та створення перспективних двигунів й енергетичних установок. Інакше кажучи, паливна, хімічна та нафтохімічна галузі промисловості більшості країн світу перебувають у пошуку *нових траєкторій* свого розвитку.

ГАЗОВЕ ПАЛИВО

Сьогодні *вуглеводневі гази* (природний і супутні нафтові гази) – єдиний вид альтернативного палива, для застосування якого у більшості країн світу, і в Україні зокрема, розв'язано основні технічні та екологічні проблеми. Нагальні труднощі, пов'язані з переходом автомобільного транспорту на газове паливо, полягають у створенні відповідної інфраструктури: заводів, сховищ, заправних станцій. Нині світовий автомобільний парк, який працює на газових паливах, становить 3–3,5 млн одиниць. Розвідані світові запаси природного газу обчислюються майже 140 трлн м³ (в Ук-

раїні – 1,2). Якщо поділити 140 трлн м³ на величину очікуваного споживання газу у 2010 р. (3,5 трлн м³), то матимемо 40 років. Тобто ресурси природного газу виснажаться не набагато пізніше, ніж нафти. Щоправда, існують величезні запаси (близько 10¹⁶ м³) природного метану у вигляді гідратів CH₄·(H₂O)_n (це дно океанів та шари вічної мерзлоти), які на два порядки перевищують ресурси природного газу. Але технології використання метану ще не освоєно. Метан також накопичується у вугільних пластах; його вміст за обсягом близький до запасів кам'яного вугілля (майже 10⁴ млрд т).

Скраплений природний газ за складом є переважно метаном. Він може слугувати моторним паливом після порівняно нескладної переробки двигуна та власне автомобіля: необхідно встановити балони, розраховані на тиск приблизно 20 МПа, і змінити конструкцію системи подачі палива. Завдяки високому значенню октанового числа природний газ є чудовим паливом для карбюраторних двигунів. У дизельних двигунах застосування природного газу утруднене через його порівняно високу температуру samozапалювання і, відповідно, низьке цетанове число. Щоб подолати ці проблеми, використовують, наприклад, двопаливну систему: невелика кількість дизельного палива впорскується у камеру згоряння, а вже потім подається скраплений природний газ.

Внаслідок нижчого вмісту вуглецю, ніж у нафтових паливах (75% – у метані, 80–90% – у бензинах), при згорянні природного газу утворюється менше CO₂ (порівняно з бензинами – в 1,2 раза). З цієї ж причини, а також завдяки повній відсутності у

природному газі ароматичних вуглеводнів у камері згоряння відкладається менше нагару. На відміну від рідких палив, досить повне згоряння метану відбувається за більшого надлишку повітря, що сприяє зниженню емісії оксидів азоту і продуктів неповного згоряння.

Однак є недоліки, які виявляються у процесі експлуатації автомобілів на скрапленому природному газі. Встановлювані на машині масивні газові балони збільшують її вагу і знижують вантажопідйомність. Запас ходу автомобіля з однією заправкою порівняно невеликий, близько 250–300 км. На 7–8% зростає працездатність обслуговування та ремонту машини. Істотною вадою є також зниження до 20% потужності двигуна, внаслідок чого на 5–6% зменшується максимальна швидкість, натомість на 24–30% збільшується тривалість розгону автомобіля.

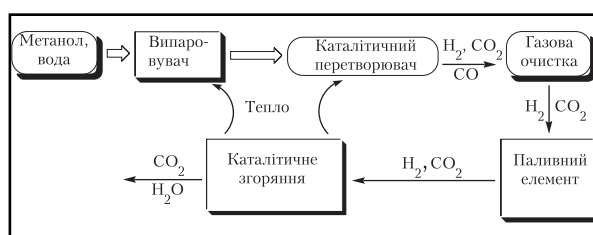
Стиснений супутній нафтовий газ (НГ) на 90–95% являє собою суміш пропану та бутану з домішкою важких вуглеводнів. За показниками потужності та екологічними характеристиками двигунів НГ близький до скрапленого природного газу. Із вмонтованих на автомобілі балонів із нафтовим газом (під тиском майже 1,6 МПа) він через випарний пристрій дозується у камеру згоряння двигуна. Але не буває «плюсів» без «мінусів». Основні недоліки цього виду палива такі: процес випарювання погіршує його пускові властивості; для роботи двигуна за низьких температур повітря потрібно вмонтовувати спеціальні підігрівники або ж запускати і прогрівати двигун з використанням стандартного палива.

Водень може бути альтернативним моторним паливом так само, як і звична бутано-пропанова суміш або ж метан. Джерелами одержання цього газу є не тільки вода, прямогінний бензин, спирти чи кам'яне вугілля, а також і синтез-газ. Водень (чи метан) можна використати не лише у двигунах внутрішнього згоряння, а й у спеціальних

паливних елементах, які безпосередньо виробляють електроенергію. Нині саме паливні елементи фахівці вважають перспективнішими джерелами електроенергії, аніж традиційні акумулятори.

З огляду на відомі недоліки електромобіля (невеликий пробіг, висока вартість зарядки акумуляторів), що працює на електроенергії від акумуляторів, нині ведуться дослідження зі створення нового типу автомобіля, паливом для якого стане саме водень, одержуваний конверсією метанолу. У цьому випадку електроенергію можна буде генерувати безпосередньо на борту транспортного засобу за рахунок окиснення водню киснем повітря (зворотного електролізу води). З екологічного погляду використання водню як палива у двигунах внутрішнього згоряння має застереження: він спричинює утворення оксидів азоту та озону, які забруднюють навколишнє природне середовище. У разі застосування паливних елементів в автомобільному вихлопі буде лише вода.

Сьогодні вже створено кілька типів автомобілів, що працюють на паливних елементах. Так, фірма «Даймлер-Крайслер» провела успішні шляхові випробування автомобіля NECAR–5, що характеризується такими якостями: тривалість дії двигуна внутрішнього згоряння з малою витратою палива, низький рівень шуму та безпечний для довкілля вихлоп. У цій моделі використано паливний елемент, дія якого ґрунтується на реакції окиснення водню на мембранному каталізаторі з утворенням води і генеруванням електричного струму. До анода паливного елемента підводиться водень, а до катода – кисень із повітря. Роль електроліту між ними виконує мембрана, що забезпечує перенесення протонів. Мембрана виготовлена з протонопровідного полімеру, покритого тонким шаром благородного металу. Газу подають під тиском 1,5–2,7 атмосфери. За оцінками фірми «Даймлер-Крайслер», масовий випуск автомобілів цього класу планується через 10 років.



Фірми «Форд», «Міцубісі» та інші відомі корпорації створили комбіновані моделі (гібридні двигуни), які сполучають традиційний двигун із двигуном нового покоління, що працює на паливних елементах. Для одержання водню використовується прямогінний бензин. Але, попри всі ці успіхи, є одна серйозна проблема, а саме: весь водень, що нині добувається у світі, не зможе забезпечити потреби у моторному паливі. Крім того, ще далеко не до кінця розв'язана проблема зберігання водню (через його скраплення чи перетворення на гідриди металів або ендогідrogenи нанотрубок тощо). Тому сьогодні увага науковців та інженерів-конструкторів звернена на рідке паливо, з якого можна отримувати водень.

Найкраще годиться для цього той самий метиловий спирт, що безпосередньо на борту автомобіля переводиться у газ (H_2, CO_2), збагачений воднем (див. схему).

Метанол із бака подається для змішування з водою, відтак – до випаровувача. Отримана суміш розкладається у перетворювачі на гетерогенному $Cu-Zn$ -каталізаторі при $250-300^\circ C$ до H_2 та CO_2 , причому як побічний продукт утворюється і CO . Нейтралізація цього оксиду, який є не тільки токсичною сполукою для людини, а й отрутою для паливного елемента, здійснюється у блоці газового очищення шляхом селективного його окиснення. Оскільки у газовій суміші за високої концентрації водню вміст CO досить незначний (до 0,5%), то каталізатори, які застосовуються для очищення водню, мають характеризуватися високою активністю та селективністю.

Розробка високоефективних каталізаторів очищення водню від CO є чи не найважливішою проблемою сучасного каталізу у процесі створення паливних елементів для екологічно чистого автомобіля. Нанесені на тверді носії каталізатори – благородні метали (Au, Pt, Rh тощо) та їхні сполуки (наприклад, кластери і нанокластери металів Au, Pt, Pd) пропонуються нині (зокрема Інститутом біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України) як найперспективніші для реакції селективного окиснення CO .

Отже, розв'язання проблеми одержання чистого водню є важливим кроком до реалізації однієї зі складних технологічних стадій створення автомашини нового покоління. Нині вартість іноземного експериментального легкового автомобіля з паливними елементами становить 100–200 тис. доларів США. Якщо у найближчому майбутньому вдасться наблизити вартість автомобілів на паливних елементах до бензинових, це стане реальною альтернативою традиційним нафтовим паливам у країнах, котрі імпортують нафту.

СИНТЕТИЧНІ ПАЛИВА

Вихідною сировиною у виробництві альтернативних синтетичних палив для карбюраторних, дизельних двигунів та інших енергетичних установок є вугілля, природний і супутні нафтові та вугільні гази, біомаса, торф, сланці тощо. Найбільш перспективне джерело – природний газ, а також одержуваний із нього синтез-газ (суміш CO та H_2).

Синтез-газ. Виробництво синтетичних моторних палив із синтез-газу ґрунтується на каталітичних процесах Фішера–Тропша та Мобіл через проміжне отримання метанолу. Вихідну суміш синтез-газу добувають із кам'яного вугілля чи природного газу. За першим методом одержували моторне паливо у Німеччині в роки Другої світової війни та у Південно-Африканській Рес-

публіці (ПАР), коли діяло ембарго на імпорт нафти. Процес технологічно достатньо розроблений, але дорогий. Сьогодні у світі лише два невеликих заводи виробляють рідке паливо за вказаними методами (фірми «Шелл» у Малайзії та «Сасол» у ПАР), що мають скоріш демонстраційний характер можливостей сучасної каталітичної хімії. Те саме стосується й одержання бензину з метанолу: невеликий завод фірми «Мобіл ойл» у Новій Зеландії виробляє із застосуванням традиційного кислотного та нового цеолітного каталізатора ZSM-5 до 60 тис. тонн високооктанового бензину на рік. Поки що жодна фірма не ризикує розгорнути більші виробництва на основі цих технологій.

Спиртові палива. Існує давня традиція застосування спиртів у двигунах внутрішнього згоряння. Нині вони використовуються здебільшого як паливо для гоночних автомобілів, оскільки збільшують потужність двигуна при одночасному зниженні температури в камері згоряння. Завдяки нижчій температурі відпрацьованих газів, інтенсивному відведенню тепла із циліндрів і повнішому згорянню ефективний к.к.д. двигуна, який працює на спиртах, вищий, аніж при роботі на нафтовому паливі. За умови використання спиртів також знижується емісія продуктів неповного згоряння палив, зменшується утворення сажі, отже, чистішими є деталі двигуна та паливна апаратура. Однак водночас зростають викиди у докільця альдегідів (як продуктів неповного окиснення спиртів), можливе також збільшення емісії оксидів азоту. Крім того, спирти гігроскопічні, мають низькі масильні властивості, корозійно агресивні (за рахунок їх окиснення до відповідних карбонових кислот), негативно впливають на конструкційні матеріали. Безпосереднє їхнє використання потребує деяких змін у конструкції двигуна. Нижчі спирти (метанол, етанол) практикують як добавки до базо-

вого бензину з метою часткової його заміни, однак їхні початкові концентрації невеликі. Так, Всесвітня паливна хартія (в Україні – стандарт ГОСТУ 320.00149943.015–2000) вводить такі кількісні обмеження стосовно додавання спиртів до автобензинів: метанолу – 3%, етанолу – 5% (до 6% – в Україні), інших спиртів – до 7–10%. Введення спиртів до бензинів дає змогу підвищити їх октанові числа. Цетанові показники спиртів, навпаки, дуже низькі, і з цим пов'язані серйозні труднощі застосування спиртів у дизельних двигунах.

Метанол завдяки його високому октановому числу – досить ефективне паливо для карбюраторних двигунів. Цей спирт можна використовувати і як самостійне паливо, і як добавку до бензину. В усіх випадках він дає змогу знизити токсичність вихлопних газів двигуна. Застосування стовідсоткового метанолу обмежується через його високу токсичність й агресивність щодо конструкційних матеріалів. Як показали дослідження сумішей метанолу та вуглеводневих палив, до бензинів можна додавати до 5% зневодненого метанолу, причому бензино-метанольна суміш залишається гомогенною, якщо до неї не потрапляє волога. За наявності води (більш як 0,1% мас) ця суміш розшаровується. Для запобігання розшаровуванню до бензино-метанольної суміші вводять як стабілізатори вищі спирти, наприклад, *трет.*-бутиловий, *ізо*-бутиловий або циклогексильний.

Метанол, який міститься у бензино-метанольній суміші, окиснюється до мурашиної кислоти, що разом із бензином може потрапляти до оливи та руйнувати лужні мийно-диспергуючі присадки. Випробовування, здійснені в ІБОНХ НАН України (1999 р.), показали, що у разі використання 5% метанолу у складі товарного бензину АІ–95 за весь термін служби моторної оливи марки М6₃/12Г₁ помітного зниження її роботоздатності не спостерігалось.

Етанол як добавка до палив більш ефективний, аніж метанол, оскільки краще розчиняється у вуглеводневих паливах і менш гігроскопічний. Широко відоме застосування газохолу (суміш бензину з 10–20% етанолу) у США, а також у Бразилії, яка має значні ресурси спирту, вироблюваного з цукрової тростини. Підкреслимо, що етанол становить особливий інтерес як добавка до палива у країнах, багатих на відновлювані рослинні ресурси, зокрема в Україні. ІБОНХ НАН України, УкрНДІ «МАСМА» та інші організації провели випробовування бензинів марок А–80, А–92 та А–95 з добавками етанолу. Доведено, що використання 3–5% зневодненого етанолу у складі бензину не погіршує експлуатаційних характеристик двигуна і не потребує попереднього регулювання карбюратора. Стосовно екологічних показників цього сумішевого палива, то відзначено істотне зниження викидів СО і невелике – вуглеводнів, натомість емісія токсичних альдегідів та оксидів азоту дещо зростає. Збільшення концентрації етанолу у бензині до 10%, що спричинює збіднення бензиноповітряної суміші, погіршує експлуатаційні властивості автомобіля практично за всіх режимів його роботи. Фазова стабільність етаноло-паливних сумішей у присутності води вища, ніж метаноло-паливних, але кінче потрібна стабілізація їхнього фазового складу. Найефективнішими стабілізаторами є аліфатичні спирти C_4-C_6 , сивушні олії (відходи виробництв спиртових заводів) та інші кисневмісні поверхнево-активні речовини. Від 2000 року моторні бензини сумішеві (до 6% зневодненого етилового спирту – відома добавка ВКД) використовуються в Україні (вперше серед країн СНД) згідно зі стандартом ГСТУ 320.00149943–2000. Низка розроблених в Україні поверхнево-активних речовин-стабілізаторів також допущена до застосування у складі таких сумішевих бензинів (підкреслимо, що їхні ресурси у нас обмежені).

Палива на основі етерів. Прості етери (ефіри) мають ті переваги перед спиртами, що вони краще розчиняються у нафтових паливах, менш гігроскопічні та менш корозійно агресивні. Як добавка до палив у всіх країнах, зокрема в Україні, широко використовується метил-трет.-бутиловий етер. Досліджено можливість застосування метил-трет.-амілового, етил-трет.-бутилового, ди-ізо-пропилового та інших етерів, а також продуктів метилювання олефіновмісних газів нафтопереробки.

Останнім часом спостерігається прикладний інтерес до диметилового та диетилового етерів як компонентів дизельного палива (наприклад, у Росії, США, Україні). Значною мірою це зумовлено їхньою доброю займистістю у дизельному двигуні й, отже, високими цетановими числами.

Диметиловий етер (за звичайних умов – газ) може безпосередньо впорскуватися до камери згоряння двигуна або використовуватися як добавка до скрапленого газу, метанолу чи до стандартного дизельного палива. Диетиловий етер зручніший у застосуванні та ефективніший, оскільки він являє собою рідину (хоча й низькокиплячу), і його цетанове число перевищує 125 одиниць. Добавка 10% диетилового етеру до товарного дизельного палива збільшує цей показник у середньому на 4 одиниці, що уможливорює відмову від токсичних і вибухонебезпечних алкїлнітратів та пероксидів.

Біодизельне паливо. Впродовж останніх років у США, Канаді та країнах Євросоюзу істотно зріс комерційний інтерес до біодизельного палива – моноалкільних естерів жирних кислот, одержаних із рослинних олій чи тваринних жирів. Цей вид палива можна використати у двигунах на морських суднах, міських автобусах і вантажівках. Сьогодні у Франції та Італії вже існують потужності з виробництва біодизельного палива, а в Австрії на його частку припадає близько 5% від загального ринку дизельно-

го палива. Навіть у США розгортаються програми щодо використання рослинних олій як моторних палив.

Швидке зміцнення позицій біопалива зумовлене прагненням підтримати сільськогосподарського виробника, оскільки сировиною для біодизельного палива є рапсова, соєва, соняшникова, пальмова та інші рослини олії. Окрім того, отримані моноестери відповідних кислот мають поліпшені низькотемпературні властивості, нижчу в'язкість порівняно з вихідними рослинними оліями, а цетанове число при цьому підвищується з 30–40 до 50–80 одиниць. Введення у паливо неперероблених олій небажане, оскільки вони характеризуються більшою в'язкістю, нижчою теплопродуктивністю, що зменшує потужність двигуна у середньому на 15%, меншими пусковими можливостями при зниженій температурі. До того ж, неперероблені олії через наявність вільних кислот негативно впливають на конструкційні матеріали і мають схильність до окиснення при їх зберіганні.

Найпоширенішим паливом цього типу є так званий ріпако-метиловий естер (метиловий естер кислот ріпакової олії), який у помітній кількості використовується у Бельгії, Італії, Китаї, Німеччині, Швеції, Франції та в інших країнах. Його можна додавати до дизельного палива у концентраціях до 30% без модифікації двигуна. В ІБОНХ НАН України ведуться дослідження щодо обов'язкової добавки 5% ріпако-метилового естеру до товарних марок вітчизняного дизельного палива. Випробовування показали, що у разі використання цього палива знижується емісія вуглеводнів і CO, а інтенсивність утворення оксидів азоту залишається незмінною. Однак відзначено деяке збільшення викидів так званих озонруйнуючих компонентів: ароматичних вуглеводнів, олефінів та альдегідів. Спостерігається також збільшення утворення твердих часток. Характерно, що за наявності ріпако-метилового естеру поліпшуються мас-

тильні властивості низькосірковмісних (екологічно чистих) дизельних палив. Це унікальна обставина, оскільки зниження сірковмісних сполук у паливі призводить до значної втрати його мастильних властивостей.

Вихідною сировиною для ріпако-метилового естеру є поширений у промисловому виробництві багатьох країн світу (і в Україні також) метиловий спирт, ріпакова олія та каталізатор лужного характеру. Ріпакову олію одержують із насіння ріпаку. Відзначимо, що за обсягами виробництва вона посідає третє місце у світі (9,8%) після соєвої (25,8%) та пальмової (21,2%). Ріпакове насіння містить 45–50% олії – не менше, ніж насіння соняшнику. У деяких європейських країнах (Австрія, Німеччина, Франція) урожайність ріпаку сягає 40 ц/га, що дає змогу одержувати до двох тонн олії з гектара.

Економічний аналіз проблеми виробництва і застосування біопалива із ріпаку свідчить: якщо його вирощувати тільки для одержання біопалива, вартість останнього порівняно з нафтовим дизпаливом буде у 2–2,5 раза вищою. Проте біопаливо стає економічно вигідним за умови використання всіх продуктів переробки ріпаку: шроту (корм для тварин), соломи (пресоване пічне паливо), гліцерину (вартість – близько 900 доларів США за 1 т), а також забезпечення виходу олії не менш як 1 т/га. Із трьох тонн насіння ріпаку вологістю 7–8% можна отримати 1 т біопалива, 1,9 т – шроту (з вмістом олії 8–10%), 0,2 т – гліцерину. Додатковими аргументами щодо рентабельності ріпаку як сировини для біопалива та доцільності розширення площ вирощування могли б стати його властивості доброго попередника для висіву зернових культур, фітосанітара, а під час цвітіння – чудового медоноса.

Україна має сприятливі умови для вирощування ріпаку. Тепер ним засівають близько 150 тис. га (2003 рік був рекордним – 300 тис. га), тоді як для цього придатні до 80% орних земель. Середня врожайність цієї

рослини у нас становить 12 ц/га, що дає вихід олії на рівні 0,5 т/га, тобто вдвічі нижчий від західноєвропейських показників. З ріпаку ми виробляємо близько 12 тис. т/рік олії. Але як дизпаливо вона поки що не використовується, оскільки значна частина ріпакової олії вигідно експортується за ціною до 260 американських доларів за тонну до Росії, США, Румунії, Казахстану та в інші країни (приблизно 4–6 тис. т/рік). Оскільки насіння ріпаку майже не накопичує радіонуклідів і важких металів (усі вони здебільшого містяться у стеблах), в Україні вирощувати ріпак для технічних цілей можна на територіях, тимчасово виведених із сільськогосподарського обігу внаслідок Чорнобильської катастрофи, та в інших екологічно забруднених зонах. За умови відведення під цю культуру 10% орних земель і врожайності 25 ц/га Україна може щороку виробляти до 8,5 млн тонн ріпакового насіння. Після його переробки можна одержати близько 3 млн т біопалива на рік, що на 60% забезпечить річну потребу країни у дизпаливі (загальні середні потреби – 5 млн/рік). Засіваючи ріпаком 5–5,5 млн га, Україна могла б виробити біопаливо з нього в обсягах, що повністю задовольнили би її потреби у дизельному паливі. Нині ж можливості його отримання та застосування розглядаються у нас лише на рівні науково-дослідних робіт.

Сьогодні полюбляють писати про поновлювані, екологічно чисті джерела енергії (сонячна, енергія води, вітру, припливів, морських течій). Однак у загальному балансі джерел енергії їхнє використання, як і раніше, невизначальне. Гідроенергетика дає 10–12% (2 700 млрд кВт годин у 2000 р.) загального виробництва енергії, оскільки ресурси багатьох річок майже вичерпані. Крім того, гідроелектростанції спричинюють низку істотних екологічних проблем. Навіть якщо вдасться підвищити ефективність гідроенергетики до 20% (що малоїмо-

вірно), картина навряд чи істотно зміниться. Академік П.Л. Капіца неодноразово звертав увагу на те, що сонячна енергія розсіяна: оптимально з 1 м² освітленої Сонцем поверхні у помірних широтах можна одержати не більше 100 Вт енергії¹. Академік В.О. Легасов розмірковував над питанням: чи можна для використання сонячної енергії вкрити пустелю Каракуми найдешевшими приймачами такої енергії – алюмінієвими? Його розрахунки показали², що при цьому необхідні значно більші затрати енергії, аніж її буде одержано. Крім того, виробництво потрібної кількості алюмінію призведе до глобальних викидів в атмосферу, яка і так уже достатньо забруднена. Ці розробки, як і роботи з використання геотермальної енергії, енергії вітру, припливів і морських течій, безперечно, допоможуть розв'язати низку локальних енергетичних питань, але не глобальну енергетичну проблему.

Єдине велике джерело енергії на найближче майбутнє, крім спалювання вуглеводневих чи синтетичних палив, це – атомна енергетика. У США на АЕС нині виробляють 19% енергії, у Франції – 78%, в Японії – 36%, у Росії – 14%, в Україні – 53%. Запаси уранових руд теж вичерпані, але за умови ощадливого використання розвіданих родовищ та залучення урану Світового океану їх вистачить людству на десятки тисяч років. Тому важливим завданням є досягнення високого рівня безпечності експлуатації атомних енергоблоків. Слід також подолати упередженість суспільства проти будівництва атомних електростанцій, які дають значно менше забруднень, аніж спалювання палив, вироблених на основі нафти, й особливо вугілля. Сумарна радіоактивність викидів золи вугільних котелень у багато разів перевищує сумарну радіоак-

¹ Див.: Успехи физ. наук. – 1976. – №2. – С. 307.

² Див.: Природа. – 1981. – №2. – С. 6–18.

тивність, спричинену Чорнобильською катастрофою. За розробленою у США шкалою небезпеки різних видів впливу на людину радіації відведено лише 26 місце.

Ресурси атомної енергетики можуть бути практично нескінченними, якщо вчені розв'яжуть проблему керованого термоядерного синтезу. Але фізики все далі (тепер уже на ХХІІ століття) відсувають великомасштабне практичне оволодіння термоядерною енергією. Однак це не є аргументами того, що означені проблеми нерозв'язувані.

Наприкінці зауважимо, що існують і гігантські ресурси вуглекислого газу та карбонатів неперехідних металів (кальцію, магнію), вуглець яких також можна (і хіміки вже намагаються це робити) використати для органічного синтезу альтернативного моторного палива. Такі процеси ще надто енергоємні та дорогі. Важливо, щоб ці доленосні рішення були знайдені наукою раніше, ніж вичерпаються на Землі запаси нафти, газу та вугілля.

У далекому майбутньому можна обґрунтовано очікувати, що стануть звичними космічні технології паливної енергетики. Великі запаси водню та метану на планетах-гігантах Сонячної системи забезпечать просто ідеальну сировинну базу для виробництва різних видів палива і задоволення зростаючих потреб прийдешніх поколінь землян.

Г. Ковтун

АЛЬТЕРНАТИВНІ МОТОРНІ ПАЛИВА

Резюме

Розглянуто проблеми одержання альтернативних (не нафтових) моторних палив на основі вуглеводневих газів, синтез-газу, спиртів, етерів й естерів, водню та відновлюваної рослинної сировини (біопаливо).

G. Kovtun

ALTERNATIVE MOTOR FUEL

Summary

The author describes problems of alternative (not oil) motor fuel generation on the basis of hydrocarbonic gases, synthesis-gas, spirits, ethers, hydrogen and renewable vegetative raw material (biofuel).

С. ПЛАКСІН, Ю. ШКІЛЬ, В. ЮРКО

ГІБРИДНІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Розподільне виробництво електроенергії з використанням сонячної радіації

Серед відновлюваних джерел енергії найбільш економічною і практично невичерпною є сонячна радіація. Значне зростання світового ринку фотоенергетичних систем (ФЕС) фахівці передбачають уже в найближчі 5–10 років. А об'єднання ФЕС з електрогенеруючими системами дає можливість відчутно підвищити кількість і якість вироблюваної електроенергії.

У статті розглядаються принципи роботи і структура таких гібридних електроенергетичних систем (ГЕЕС). В Україні є всі необхідні природні ресурси і промислові підприємства для розгортання сучасного виробництва ГЕЕС. Однак без потужної державної підтримки це здійснити неможливо.

© ПЛАКСІН Сергій Вікторович. Кандидат фізико-математичних наук. Завідувач відділу Інституту транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг» (Дніпропетровськ).

ШКІЛЬ Юрій Володимирович. Провідний інженер цієї ж установи.

ЮРКО Володимир Володимирович. Головний технолог цієї ж установи. 2005.