

ГЛОБАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ РОЗВ'ЯЗАННЯ

До трьох традиційних складових стійкого розвитку сучасного суспільства — економічного процвітання, соціального та екологічного добробуту — сьогодні додалася енергетична безпека. Для протидії загрозам енергетичній безпеці, що підривають основи стійкого розвитку, необхідно виробити і послідовно проводити в життя узгоджені на міждержавному рівні заходи антикризової енергетичної політики. Стратегічні напрями цієї політики розглядаються у статті, яку ми передруковуємо в перекладі з часопису «Вестник Российской академии наук» (2007, том 77, № 2, с. 99–114).

Поняття «енергетична безпека», що закріпилося у зв'язку з нафтовим ембарго 1973 р., трактувалося спочатку як енергетична самодостатність країни, тобто можливість її надійного доступу до достатньої за обсягом і прийнятною за ціною енергії. Після адаптації світової економіки до наслідків тієї нафтової кризи здавалося, що проблеми енергопостачання в цілому успішно розв'язуються. Проте останні події у світовій енергетиці ставлять під сумнів позитивні тенденції її розвитку. Ціни на паливо (рис. 1), що різко вирости і дуже мінливі, — найпомітніший індикатор негативних процесів. І хоча сьогодні не йдеться про повторення подій 30-річної давнини, стає все очевиднішою поява серйозних загроз енергетичній безпеці.

Проблема різко ускладнилася якісною зміною світової економіки й енергетики: вони стали набагато інтегрованішими і по суті глобальними. Багаторазове зростання міжнародної торгівлі енергією (майже

вдвічі з 1973 по 2003 р. [1]) та її частки в забезпеченні енергоспоживання посилили взаємозалежність учасників енергетичного ринку і вивели питання енергобезпеки з рівня окремої країни на глобальний рівень. Таким чином, проблема глобальної енергетичної безпеки виникла нині як нагальна необхідність надійного забезпечення світової економіки всіма видами енергії без надмірної шкоди довкіллю і за цінами, що відображають основні економічні принципи.

Глобальний характер загроз енергетичній безпеці та їхніх наслідків вимагає злагоджених міжнародних дій і вироблення силами світової спільноти концепції стійкого та безпечного енергетичного майбутнього, а також здійснення заходів, що забезпечують її практичну реалізацію. Цим і була обумовлена ініціатива Росії обговорити проблему енергетичної безпеки на зустрічі керівників восьми провідних країн світу в Санкт-Петербурзі (липень 2006 р.).

ФОРТОВ Володимир Євгенович. Академік, академік-секретар Відділення енергетики, машинобудування, механіки і процесів управління РАН.

МАКАРОВ Олексій Олександрович. Академік, директор Інституту енергетичних досліджень РАН.

МИТРОВА Тетяна Олексіївна. Кандидат економічних наук, керівник Центру вивчення світових енергетичних ринків Інституту енергетичних досліджень РАН (Москва). 2007.

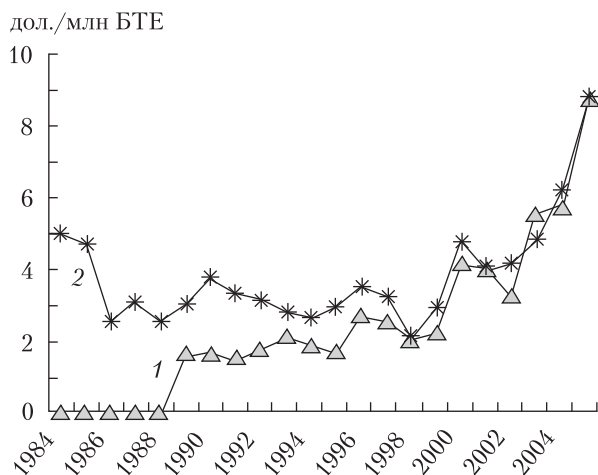


Рис. 1. Динаміка цін на газ в США (1) і на нафту марки «Брент» (2)
Джерело: Statistical Review World Energy 2006;
БТЕ – британські теплові одиниці

ОСНОВНІ ЗАГРОЗИ ГЛОБАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ БЕЗПЕЦІ

Оскільки йдеться про проблеми не локального або національного, а світового масштабу, до загроз енергетичній безпеці пропонуємо відносити події та процеси, розвиток яких може викликати в найближчі два-три десятиріччя:

- фінансово-економічні, соціальні та/або політичні кризи, що істотно уповільнюють зростання економіки світу чи великих регіонів (фахівці вже приписують стрибку цін на енергію в 2005–2006 рр. гальмування зростання світового ВВП на 0,4–0,8%*);
- породжувані енергетикою негативні зміни клімату планети або регіонів, включаючи наростання інтенсивності природних явищ (урагани, засухи, повені і т.п.), що являють собою небезпеку для багатьох мільйонів людей і завдають збитків на сотні мільярдів доларів;

* Відомий британський економіст А. Калецкі оцінює зниження темпів зростання світового ВВП в 0,8% [2], Всесвітній банк – в 0,25-0,4% [3].

- періодичні порушення енергопостачання (внаслідок аварій або тероризму) великих мас населення і виробництва, що спричинюють економічні збитки на багатих десятих або сотнях мільярдів доларів.

Методом експертних оцінок визначено наступний склад загроз глобальній енергетичній безпеці: відставання пропозиції енергії від зростання енергоспоживання; зростаюча напруженість у забезпеченні енергетичних потреб транспорту; наростання регіональних енергетичних диспропорцій; все важкіші перерви енергопостачання внаслідок техногенних катастроф і системних аварій; незворотні зміни клімату регіонів і планети в цілому. Розглянемо, звідки виникають ці загрози, виключаючи лише загрозу незворотних змін клімату, оскільки дана тема широко висвітлена у пресі.

Загроза відставання пропозиції енергії від зростання енергоспоживання обумовлена передовсім небезпекою виникнення чергової (третьої) хвилі зростання світового енергоспоживання. Попередня довга хвиля отримала розвиток наприкінці 1940-х років і завершилася в середині 1990-х, збільшивши світове енергоспоживання майже в 5 разів і душеве – практично вдвічі [4, 5]. Її закінчення було пов'язане зі стабілізацією середньодушового енергоспоживання у світі з початку 80-х років ХХ ст. Це пояснюється скороченням загального і душевого енергоспоживання у колишніх країнах планової економіки і зниженням душевого енергоспоживання в країнах, що входять в Організацію економічного співробітництва і розвитку, при відносно помірному зростанні душевого енергоспоживання в країнах, що розвиваються.

Проте останніми роками перші два чинники перестали діяти, а найбільші з країн, що розвиваються, – Китай та Індія – все швидше нарощують душеве споживання (рис. 2). На азіатські країни, що розвиваються, припадає близько третини загально-

го перспективного приросту світового енергоспоживання і до 45% приросту попиту на нафту. Випереджальними темпами збільшується споживання енергії в Африці та Латинській Америці. Навіть в Європейському союзі поновилося зростання душевого енергоспоживання. Це вже загрожує новим циклом збільшення енергоємності світового ВВП. Результатом може стати чергове прискорення зростання світового енергоспоживання, обумовлене динамічнішим економічним розвитком і збільшенням ролі енергії в житті людства. Чисельність населення Землі, як відомо, досягла 6 млрд і продовжує збільшуватися. Зростання рівня життя і народонаселення спричиняє неухильний підйом споживання енергетичних ресурсів, незважаючи на впровадження нових технологій і енергоощадних тенденцій. Звідси — прогнозоване значне зростання потреби в енергії і, отже, в інвестиціях для створення ефективної системи енергопостачання. За основним сценарієм Міжнародного енергетичного агентства, до 2030 р. попит на енергію збільшиться в півтора рази [1], домінуючу роль, як і раніше, відіграватимуть вуглеводні — їхня частка збережеться на рівні 80–81% при незначному зменшенні частки нафти (з 35 до 34%).

Інша небезпека полягає в уповільненні зростання пропозиції енергії поки що не через загальний брак енергоресурсів, а внаслідок відносного скорочення сфери докладання сил і засобів з нарощування їх виробництва. Це обумовлено негативним ефектом масштабу в природокористуванні, істотним ускладненням і подорожчанням технологій та випереджальним зростанням необхідної інфраструктури при освоєнні все важкодоступніших енергоресурсів. Науково-технічний прогрес, який значно нівелював у ХХ ст. негативну дію фактора виснаження обмежених ресурсів, у ХХІ ст. явно не справляється з цим завданням. Для забезпечення необхідної пропозиції енергії

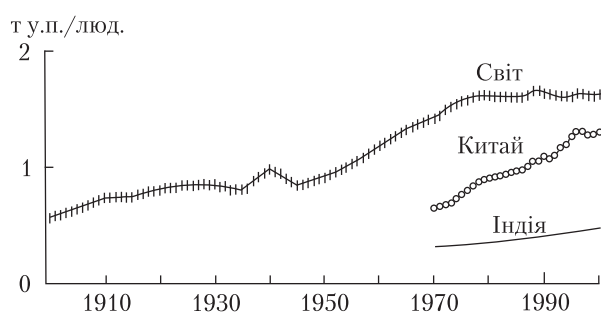


Рис. 2. Динаміка душевого споживання енергії у світі і в двох великих країнах, що розвиваються
Джерело: Дані Інституту енергетичних досліджень РАН

потрібні величезні інвестиції в енергетику, які, за оцінками Міжнародного енергетичного агентства [1], мають скласти до 2030 р. 17 трлн дол., при цьому дві третини їх підуть на заміщення існуючих потужностей і одна третина — на створення нових. Але енергобезпека — це так звана екстерналія: суспільне благо, яким всі хочуть користуватися, але ніхто не хоче оплачувати. Для забезпечення безпеки потрібні резерви добувних і інфраструктурних потужностей, тобто системна надмірність. Проте кожний інвестор знає, що основну частину часу ці потужності не завантажені і, отже, не окупатимуться. Очевидно, що в такій ситуації ринкових стимулів для інвестицій немає, що збільшує інвестиційний дефіцит у галузі.

Наростання енергоспоживання на фоні повільного зростання пропозиції вже виявляється у стрибку цін на всі комерційні види палива. Зростаючі і, що особливо небезпечно для інвесторів, нестійкі ціни на енергоносії є загрозою для світової економіки і кожної країни окремо. При збереженні напруженості енергопостачання темпи зростання світового ВВП можуть знизитися з недавно прогнозованих 3,6–4% [3] до 3–3.2% і менше. Найбільші труднощі виникнуть у тих країнах-імпортерів енергоносіїв, де низький рівень доходу, що загрожує політичними потрясіннями.

Загроза напруженості у забезпеченні енергетичних потреб транспорту викликана, в першу чергу, відставанням зростання традиційних можливостей виробництва моторних палив від високого рівня потреб у них транспорту. На транспортні потреби сьогодні припадає більше 40% кінцевої витрати енергії у світі, і в перспективі їхня частка зростає до 45%. На 95% транспорт забезпечується рідким (поки майже виключно нафтовим) паливом, і до 2030 р., як не покладатися на електромобілі і водневу енергетику, ситуація практично не зміниться, зважаючи на зменшення в загальному вантажо- і пасажирообігу частки залізничного транспорту, що відносно легко електрифікується, при випереджальному зростанні частки авіації, де заміна рідкого палива особливо проблематична.

Нормальне для галузі перевищення (на 15–20%) вільних потужностей над поточним видобутком і переробкою нафти в 90-ті роки знизилася до 5%, а останнім часом — практично до нуля (рис. 3). До того ж приріст розвіданих запасів нафти у світі вже четверть століття дедалі більше відстає від її видобутку. І якщо в останні десятиріччя XX ст. прогрес у розвідці і бурінні компенсував погіршення гірничо-

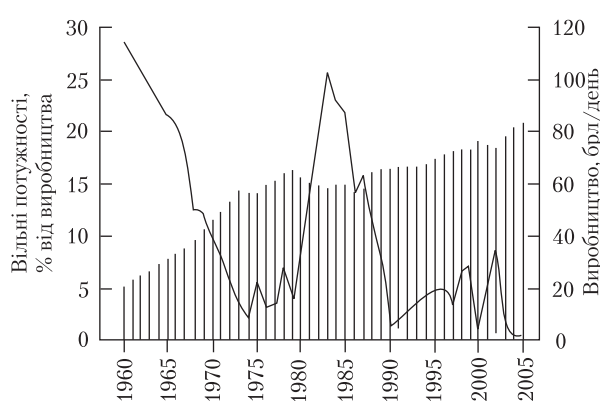


Рис.3. Співвідношення між рівнями вільних добувних потужностей (крива) і видобутком нафти
Джерело: Nervous energy// Petroleum Economist. 2006. 5 Jan. P. 24.

геологічних умов при швидкому зростанні видобутку нафти (але із зменшенням її забезпеченості запасами), що давало стійке зниження цін, то в XXI ст. технічний прогрес у галузі явно сповільнився, в результаті дорожчають природи запасів і видобутку нафти.

Ускладнюють проблему нафтопостачання транспорту такі фактори, як вихід на світові енергетичні ринки нових великих країн-імпортерів нафти, що швидко розвиваються — Китай, Індія, Бразилія; політична нестабільність в основних нафтовидобувних державах і потенційні військові конфлікти, зокрема, викликані міжнародними діями (Ірак, Іран); недостатня прозорість світової торгівлі нафтою і надмірний розвиток похідних фінансових інструментів. У результаті прогнозована відповідно до тенденцій, що склалися, динаміка споживання нафти вже через 10 років може не забезпечуватися її видобутком, розрахованим за апробованими моделями використання обмежених природних ресурсів.

Ціни на нафту вже виросли в 3–4 рази (див. рис. 1) і, згідно з думкою більшості експертів, залишаться на цьому рівні або піднімуться вище. За законом економічної рівноваги, така поведінка цін на нафту приведе до зниження попиту на моторне паливо не тільки завдяки його економії споживачами, але і зважаючи на уповільнення зростання розвинутих економік, а також платіжних криз у залежних від імпорту нафти країнах, що розвиваються. Це загрожує соціальними і політичними потрясіннями, спричиненими погіршенням якості життя великої (якщо не більшої) частини населення планети.

Загроза наростання регіональних енергетичних диспропорцій виявляється у збільшенні кількості країн і великих регіонів, розвиток яких не забезпечено власними енергоресурсами (рис. 4). Якщо в 1990 р. такі держави виробляли 87%

світового ВВП, то на початку XXI ст. — уже 90%. Основну частину прогнозних енергоресурсів мають Північна Америка і країни СНД, їм також належить велика частина розвіданих запасів (далі йдуть зона Перської затоки й Австралія).

Особливо різко зросла залежність від імпорту енергії країн, що швидко розвиваються, — Китаю, Індії та ін. Зокрема, Азія вже сьогодні 60% своїх потреб у нафті забезпечує за рахунок імпорту, а до 2020 р. імпорт має покривати до 80% попиту.

Окремо потрібно сказати про проблему *енергетичних злиднів*. Найбідніші верстви населення в багатьох країнах не мають доступу до екологічно чистої і економічно прийнятної енергії, у тому числі і до електрики. Якщо існуючі тенденції збережуться, в 2030 р. електрикою не зможуть користуватися 1,4 млн людей, всього на 200 млн менше, ніж сьогодні [6].

Загроза перебоїв енергопостачання внаслідок техногенних катастроф і системних аварій зростає через швидке посилення концентрації виробництва і централізації розподілу енергії, а також відсутність резервних потужностей для компенсації вилученого в результаті надзвичайних обставин виробництва енергії. Техногенні катастрофи і системні аварії можуть бути викликані:

- *природними явищами* (після ураганів у Мексиканській затоці майже рік відновлювався видобуток нафти і газу);
- неадекватними діями персоналу і *недостатнім розвитком резервних потужностей систем* (каскадні системні аварії в США в 1965 і 1977 рр. залишили без енергопостачання на добу відповідно 25 і 10 млн людей, в 2003 р. — майже на дві доби — 50 млн);
- *терористичними актами* (на нафтових і газових об'єктах теракти відбуваються в багатьох країнах — Іраку, Пакистані, Індії, Росії, Грузії, Азербайджані, Нігерії та ін.; на думку експертів, якщо теракти

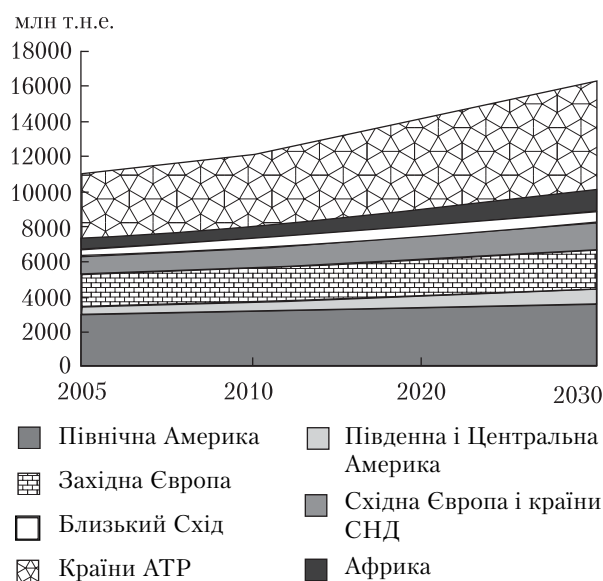


Рис. 4. Прогноз потреби в енергії за регіонами світу. Джерело: [1]; потреби в енергії дані в млн тонн нафтового еквівалента

накриють найбільшого виробника нафти — Саудівську Аравію, може постраждати вся інфраструктура світової нафтової галузі).

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Людство має достатні інтелектуальні, матеріально-технічні і природні ресурси, щоб упоратися із загрозами, що виникли. Але треба усвідомлювати, що назріваюча криза може бути подолана або стихійно, через сильні соціально-політичні потрясіння, або у м'якшій формі в результаті злагоджених дій щодо забезпечення глобальної стійкості й енергетичної безпеки. В останньому випадку знадобиться виробити і послідовно проводити на національному і міждержавному рівні за підтримки бізнесу і населення узгоджену антикризову енергетичну політику. Критеріями визначення її стратегічних напрямів служить здатність істотно зменшити (в ідеалі — нівелювати) в можливо короткі терміни загрози енер-

гетичній безпеці за умови посилення організаційних і матеріальних витрат.

Завдання вибору стратегічних напрямів поки не піддається строгій формалізації і розв'язується експертами із залученням моделей та інших інструментів для оцінки окремих аспектів стратегії. Нині пошук триває за такими стратегічними напрямками підвищення енергетичної безпеки: економне й екологічно відповідальне використання енергії; прискорене зростання пропозиції комерційно ефективних енергоресурсів; диверсифікація видів енергії; створення інфраструктури глобального енергетичного ринку; децентралізація енергопостачання.

Кожний з цих напрямів потребує для своєї реалізації могутніх *технологічних зрушень* та істотних змін *структури світової енергетики, способів організації і правил роботи енергетичних ринків*, що склалися.

Технологічний прогрес має масовий стихійний характер і може адекватно скеровуватися на користь енергетичної безпеки ринковими стимулами, зокрема, зростаючими цінами на енергію. Виняток становитимуть такі політично і соціально чутливі аспекти енергетичної політики, як розвиток атомної енергетики або високовитратні довгострокові завдання створення водневої та термоядерної енергетики. Останні, як і структурно-організаційні зсуви в світовій енергетиці, потребують для свого вирішення скоординованих зусиль держав, бізнесу і підтримки населення. Розглянемо докладніше стратегічні аспекти забезпечення глобальної енергетичної безпеки.

Економне й екологічно відповідальне використання енергії знімає практично всі загрози глобальній енергетичній безпеці (крім тероризму). Ця стратегія включає передусім *організаційно-технологічне енергозаощадження, тобто зменшення витрат енергії на всіх стадіях її перетворення — від первинних джерел до кінцевого використання для виробничих і*

побутових потреб. Заходи у цьому напрямі повинні ґрунтуватися на послідовній політиці забезпечення енергоефективності із застосуванням цінових, податкових та інших механізмів підтримки. Вони покликані забезпечити скорочення втрат при видобутку, транспортуванні і розподілі енергоресурсів, а також підвищення ефективності їх перетворення в електроенергію і тепло на 7–10% до 2020 р. і 12–15% до 2030 р.; створити енергетично ефективні системи, які допоможуть знизити питомі витрати енергії транспортом на 10–13% до 2020 р. і 20–30% до 2030 р.; поліпшити всі види енергетичного обладнання, причому ККД кінцевого використання енергії споживачами передбачається підвищити на 8–12% до 2020 р. і на 25–30% до 2030 р.

Ця ж стратегія передбачає *утилізацію всіх видів матеріальних ресурсів, що застосовуються у виробництві і побуті, а також енергоекономний стиль життя*, що означає помірне зростання в розвинених країнах найенергоємніших життєвих потреб людей (у харчуванні, житлі, пересуванні). Така зміна стилю життя є найдієвішою, але і найважчою для реалізації.

Як лідери технологічного прогресу промислово розвинені країни мусять значно посилити міжнародну діяльність із підвищення енергоефективності. Разом з інтенсифікацією передачі сучасних технологій сюди відносять гармонізацію стандартів витрати енергії, координацію енергомаркування продукції і т.п. Ці заходи слід доповнити глобальною інформаційною кампанією в галузі енергоефективності, використовуючи засоби масової інформації для пропаганди енергоощадного способу життя.

Цільовими орієнтирами цієї стратегії слугують збереження в майбутніх складніших умовах стабілізації душевого енергоспоживання, що спостерігалася останні два десятиріччя (див. рис. 2), і зниження темпів зро-

стання світового енергоспоживання до рівня провідних у цьому відношенні країн: з 0,6% сьогодні до 0,4–0,45% до 2030 р. з розрахунку на 1% приросту валового національного продукту (рис. 5).

Прискорене зростання пропозиції комерційно ефективних енергоресурсів — ефективний засіб протидії таким загрозам глобальної енергетичної безпеки, як відставання пропозиції енергії, що намітилося, від зростання енергоспоживання, посилення напруженості у забезпеченні енергетичних потреб транспорту і наростання регіональних енергетичних диспропорцій. Основна проблема полягає не стільки у фізичному дефіциті енергетичних ресурсів, скільки в створенні умов для їх освоєння.

Реалізація цієї стратегії потребує *значного збільшення інвестицій в енергопостачання*, що може привести до подвоєння їхньої частки у ВВП відносно тієї, що склалася в кінці ХХ ст. (у середньому в світі 1,5%). Вільний ринок явно не справляється з цим завданням через ризики, що різко зросли, при ухваленні інвестиційних рішень, обумовлених геополітичними проблемами і, головне, — через недосконалість регулювання енергетики. Наприклад, на ринку нафти фінансові спекуляції повністю відірвали ціноутворення від рівноваги попиту і пропозиції, а в електроенергетиці і газовій галузі тотальна лібералізація ліквідувала необхідні гарантії повернення інвестицій в розвиток виробничих потужностей. Непрозорість інвестиційних умов і нестабільність регулюючих режимів гальмують інвестиції в енергетику в багатьох регіонах світу.

Для залучення величезних капіталовкладень необхідно усунути бар'єри для інвестування і забезпечити баланс інтересів виробників і споживачів енергоресурсів. Вироблення відповідних правил — найважливіша умова досягнення глобальної енергетичної безпеки. Для цього необхідні діалог між країнами-виробниками і краї-

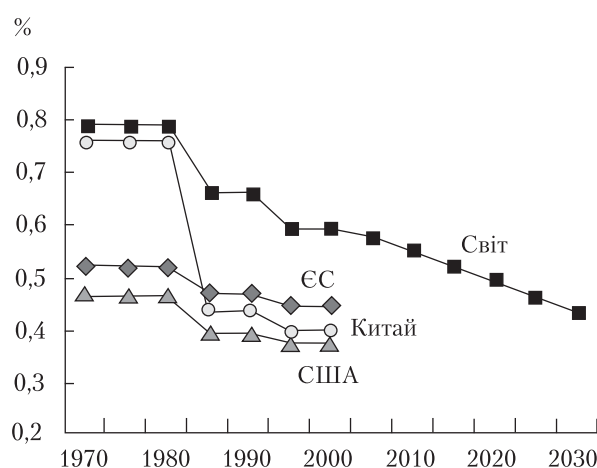


Рис. 5. Зміна темпів зростання енергоспоживання на 1% приросту ВВП

Джерело: прогноз Інституту енергетичних досліджень РАН

нами-споживачами енергоресурсів, передбачуваність енергетичної політики і регулювання на національному рівні, доступність для учасників ринку надійної своєчасної інформації.

Крім мобілізації інвестицій, для успішного здійснення даної стратегії потрібно підтримувати, у тому числі і на міжнародному рівні, розвиток і комерціалізацію технологій, здатних розширити пропозицію енергоресурсів за умови скорочення термінів і вартості їх освоєння. Перерахуємо основні з них.

Технології для випереджальної підготовки запасів вуглеводнів (включаючи за необхідності їх нетрадиційні джерела), відповідних *добувних і переробних потужностей та інфраструктури*. Необхідно створювати обладнання, інженерні засоби і системи управління, здатні зменшити терміни і вартість циклу розвідки і розробки родовищ нафти і газу на 20–25% до 2020 р. та удвічі до 2030 р. з істотним підвищенням коефіцієнта видобування ресурсів з надр.

Технології ядерної енергетики з реакторами на теплових нейтронах і перехід на замкнутий ядерний цикл. Розвиток атомної енергетики на базі удосконалених типів те-

плових реакторів збільшить пропозицію енергії і стане перехідною формою від нинішньої вуглеводневої енергетики до майбутньої великомасштабної атомної енергетики з реакторами на швидких нейтронах, замкнутим паливним циклом і утилізацією відпрацьованого ядерного палива. Це зробить ядерну енергетику практично відновлюваним джерелом енергії, забезпечить нерозповсюдження ядерної зброї, мінімізує радіоактивні відходи й оптимізує економіку галузі. Необхідною умовою великомасштабного розвитку атомної енергетики є здійснення ядерного циклу, в якому споживач кінцевих продуктів (електроенергії, тепла, прісної води або водню) не зв'язаний міжнародними обмеженнями на використання критичних ядерних матеріалів і технологій.

Комерційно ефективні технології використання екологічно безпечних відновлюваних джерел енергії (біомаса, сонячна і вітрова енергія та ін.). Вони мають забезпечувати не менше 5–7% енергоспоживання до 2020 р. і 10–12% до 2030 р. Їхній розвиток дозволить не тільки розширити пропозицію енергії, а й знизити екологічне переобтяження.

Промислове освоєння термоядерної енергії. Фахівці оцінюють таку можливість протягом найближчих 30–50 років. Уже реалізується міжнародний проект створення експериментального і пілотного енергетичних термоядерних реакторів, у якому беруть участь країни Європейського союзу, Росія, Японія, США, Республіка Корея, Китай та Індія [7].

Цільовими орієнтирами обговорюваної стратегії служать випереджальна підготовка запасів вуглеводнів (включаючи за необхідності їхні нетрадиційні джерела) відповідних добувних, переробних потужностей та інфраструктури; інтенсифікація будівництва АЕС з реакторами на теплових нейтронах і освоєння до 2030 р. у промислових масштабах безпечного замкнутого ядер-

ного циклу, що дасть змогу підвищити частку ядерної енергії в світовому виробництві енергоресурсів із 6,4% на сьогодні до 8–10% у 2030 р.; бездотаційне застосування відновлюваних джерел енергії.

Диверсифікація видів енергії на всіх стадіях її перетворення необхідна як для підвищення загальної стійкості енергопостачання, так і для пом'якшення напруженості нафтопостачання і регіональних енергетичних диспропорцій.

Диверсифікація енергопостачання із збільшенням різноманітності джерел енергії і зближенням їх часток в енергобалансі (за рахунок імпорту й освоєння нових видів енергії) позначилася як глобальна тенденція в останні десятиріччя ХХ ст. (докладніше див. [4, 5]). Загрози енергобезпеці і здорожчання вуглеводневого палива приведуть до посилення цієї тенденції внаслідок випереджального розвитку нових джерел енергії та енергоносіїв за поступового вирівнювання їхньої участі (частки) на всіх стадіях перетворення енергії. Найбільш явно диверсифікація проявляється у виробництві і використанні первинної енергії у світу в цілому (рис. 6), включаючи нетрадиційні ресурси вуглеводнів, чисте вугілля, атомну енергетику і відновлювані джерела.

Цільовим орієнтиром для стратегії диверсифікації служить зближення часток трьох основних видів палива — нафти, природного газу і вугілля — в діапазоні 20–30% загального світового виробництва енергоресурсів й ослаблення домінуючої ролі нафти в цілому у світі (до 30% до 2030 р.) за умови розумної диференціації структури енергетичного балансу в країнах і регіонах.

У цій стратегії виділяються кілька напрямів:

1. *Розширення споживання природного газу.* Екологічні чинники і технологічний прогрес вже викликали зниження вартості будівництва газопроводів і появу такого

продукту, як скраплений газ, сприяючи збільшенню частки газу в загальному виробництві енергоресурсів. Вдосконалення технологій видобутку і транспортування природного газу, розвиток регіональної та/або двосторонньої співпраці дадуть можливість зменшити ризики реалізації капіталоемних проектів з тривалим проектним циклом.

2. *Підтримка екологічно чистих технологій використання вугілля.* До останнього часу вугільні технології не витримували конкуренції з газовими, проте за високих цін на нафту і газ перші стають все привабливішими. Промислові країни можуть зробити значущий внесок у диверсифікацію, фінансуючи науково-дослідні та конструкторські роботи, які підвищують конкурентоспроможність вугілля. Разом з тим у деяких країнах можна досягти добрих результатів, удосконалюючи механізми ціноутворення, вибірковий видобуток і методи підготовки вугілля.

3. *Прискорений розвиток атомної енергетики і відновлюваних джерел енергії.* Частки кожного з цих джерел планується довести до 10–12% загального виробництва первинної енергії.

4. *Заміщення нафтових моторних палив на транспорті.* Виробництво високоякісних (в ідеалі мономолекулярних) синтетичних рідких палив з газу повинне забезпечувати 7–10% загальної витрати енергоресурсів транспортом до 2020 р. і 15–20% до 2030 р. Крім створення альтернативного моторного палива, цей проект дасть змогу комерціалізувати розробку дрібних і віддалених від споживачів родовищ газу, а також використовувати високоефективні нові двигуни внутрішнього згоряння і паливні елементи, які відповідають посиленому екологічному вимогам, особливо в містах. Планується застосування електроприводу на транспорті із забезпеченням до 5% загальної витрати енергоресурсів до 2020 р. і 10–12% до 2030 р., освоєння технологій використання

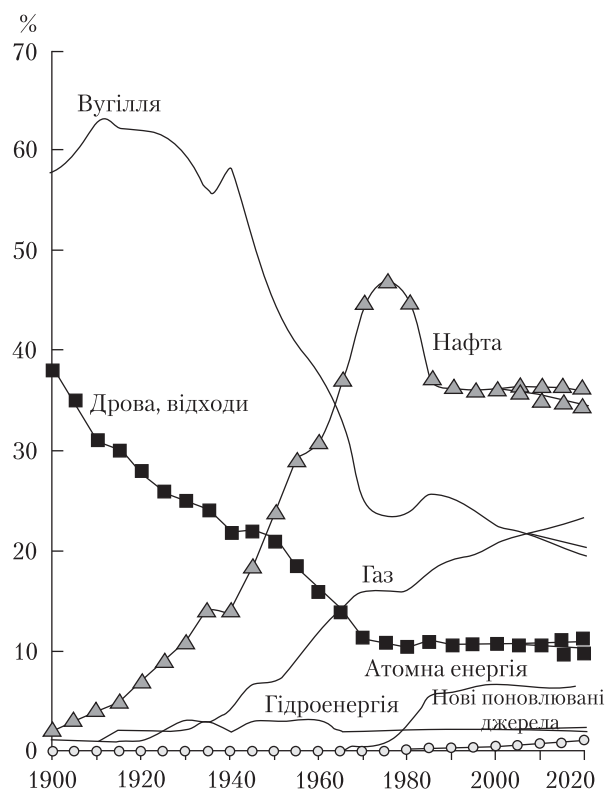


Рис. 6. Еволюція структури світового енергоспоживання

Джерело: IEA, Energy Balances Non-OECD Countries, 2003; [4]

водню в поєднанні з паливними елементами на транспорті. В останні десятиріччя накопичена критична маса знань, що робить реальною заміну частини моторних палив водневою енергетикою. За оцінками Міжнародного енергетичного агентства, за сприятливих умов у 2050 р. споживання водню у світі виросте у 4 рази і до 30% автопарку їздитиме на воднево-паливних елементах, заміщаючи до 13% глобального попиту на нафту.

5. *Розвиток систем перемикавання на інші види палива.* Бар'єри на шляху диверсифікації енергопостачання потрібно долати, створюючи технології та устаткування, які радикально розширюють можливості комерційної взаємозамінності видів енергії за рахунок як перетворення енергоресурсів в інші види (газ і вугілля — в рідке пали-

во, атомної енергії — у водень і т.п.), так і універсализації енергоустановок для роботи на багатьох видах енергоресурсів.

Крім названих шляхів диверсифікації, необхідно підтримувати інші її різновиди: за джерелами поставок і ринками збуту, маршрутами і способами транспортування, джерелами і формами інвестицій, видам контрактів на поставки енергії та ін.

Розвиток інфраструктури глобального енергетичного ринку має на увазі поетапне формування *міждержавних, міжконтинентальних і трансконтинентальних енергооб'єднань* — електроенергетичних, газових і їх симбіозів. Ця інфраструктура повинна працювати за єдиними технологічними стандартами і правилами управління, завчасно розвивати енергетичні зв'язки за їх кільцювання та інших формах резервування.

В інтегрованих системах зростає диверсифікація пропозиції і попиту енергоресурсів (включаючи їх імпорт і експорт) і знижується ступінь концентрації ринку. Інтеграція значно зміцнює довготривалу енергобезпеку, відкриває доступ до конкурентних джерел палива, підвищуючи надійність систем, що важливо для протидії загрозам збільшення регіональних енергетичних диспропорцій і перерв у енергопостачанні. Значні організаційні зусилля і витрати на реалізацію цього напрямку окупляться в прийнятні терміни завдяки зниженню вартості і ризиків поставок енергії. Цільовим орієнтиром тут служить забезпечення міждержавними енергооб'єднаннями 25–30% світового енергоспоживання до 2020 р. і близько 50% до 2030 р.

Першочерговим у формуванні *глобального енергетичного ринку є створення інфраструктури глобального ринку природного газу* шляхом випереджаючого зростання засобів виробництва, транспортування і використання зрідженого природного газу, частка якого у світовій торгівлі газом повинна зрости до 50% до 2030 р.; будівництво

міжконтинентальних газопроводів, зокрема для об'єднання в 2030 р. газотранспортних систем Євразії — від Атлантичного до Тихого океану; формування єдиних стандартів і системи технологічного управління режимами газотранспортних систем для підвищення їх стійкості і надійності.

Міжконтинентальні електрооб'єднання повинні мати могутні міжсистемні зв'язки в Західній (Панамериканське) і Східній (Євро-Афро-Азійське) півкулях планети, ієрархічну автоматизовану систему управління і протиаварійну автоматику. Ефективність виробництва і розподілу електроенергії передбачається підвищити за рахунок переважного використання комбінованих парогазових установок на газі і вугіллі великої і середньої потужності з ККД відповідно 60–62% і 56–58% і засобів передачі електроенергії нового покоління. Видається досить перспективним дослідження надпровідності.

Для протидії короткостроковим збоєм енергопостачання *необхідна глобальна система запасів палива*. В неї повинні входити сховища нафти і нафтопродуктів в регіонах їх концентрованого споживання, які забезпечать компенсацію сезонної нерівномірності попиту і запаси на випадок надзвичайних ситуацій; сховища зрідженого і природного газу сезонного регулювання; склади різних видів твердого палива на електростанціях сезонного регулювання; засоби управління запасами (включаючи зміну завантаження електростанцій, що використовують різні енергоресурси), покликані ефективно компенсувати аварійні збої, погодні коливання поставки енергоресурсів і зменшити коливання цін на паливо у регіонах і світі в цілому.

Децентралізація енергопостачання у вигляді місцевих й індивідуальних джерел енергії, що працюють на складованих енергоресурсах, найефективніше може протидіяти перервам енергопостачання унаслідок техногенних катастроф і системних аварій.

Крім того, децентралізована енергетика зробить істотний внесок в боротьбу з енергетичною бідністю і регіональними диспропорціями розвитку енергетики.

Цільовим орієнтиром тут може слугувати збільшення частки місцевих та індивідуальних джерел енергії (у тому числі для резервування потужності, одержуваної від централізованих джерел) до 25–30% світового енергоспоживання до 2030 р. Створення міждержавних і транс-континентальних енергооб'єднань з одночасним випереджальним розвитком місцевих і індивідуальних джерел енергії дозволить забезпечити оперативну надійність, живучість і стійкість світової енергетики.

Велику роль у реалізації стратегії децентралізації енергопостачання повинне зіграти підвищення ефективності місцевих і індивідуальних джерел енергії і розвиток технологій розподіленої генерації енергії, у тому числі автоматизованих мікро- і міні-електростанцій у комбінації з генераторами тепла або кондиціонерами, здатних працювати на різних видах палива з ККД до 70%, сонячних і вітрових електрогенераторів з електроакумуляторами, які функціонують автономно, без зв'язку з енергосистемами, малої гідроенергетики і геотермальних станцій.

* * *

Забезпечення глобальної енергетичної безпеки неможливе без діалогу і взаємної відвертості на рівні держав, ділового світу і населення. Важлива місія належить науці і техніці. Низка дослідницьких напрямів і дослідних розробок повинні отримати пріоритет і міжнародну підтримку. Державам час звернути увагу на істотне недофінансування наукових і практичних розробок в енергетичній сфері і створити стимули для їх прискорення, у тому числі в партнерстві з приватними компаніями.

Найважчим для масової свідомості буде визнання необхідності обмеження (у пер-

шу чергу, для населення розвинених країн) енергомарнотратного способу життя, що склався. Коли до рівня життя нинішнього «золотого мільярда» протягом одного-двох десятиліть наблизяться ще 3 млрд жителів Бразилії, Росії, Індії та Китаю, існуючий нині стиль споживання зробить навантаження на світову енергетику непосильним при будь-яких реальних темпах науково-технічного прогресу.

У свою чергу, розвиток технологій поставить перед суспільством непрості проблеми. Неминуче визнання необхідності великомасштабної атомної енергетики. Доведеться міняти багато звичок персонального енергокористування — від заправки автомобіля (гібридні двигуни, використання метанолу, стислого і зрідженого газу, а згодом і водню) до індивідуального енергопостачання будинків і малого бізнесу. Зміна парадигми розвитку енергетики неможлива без вирішення складних науково-технічних завдань і витрат величезних матеріальних ресурсів, що вимагатиме більшої відкритості і свободи потоків інформації, технологій і капіталів.

1. World Energy Outlook 2005. International Energy Agency. Paris, 2005.
2. *Kaletsky A.* Analyzing the Key Economic and Political Dynamics of the Global Economy & They Might Impact The World's Energy Markets. 12 th European Gas Conference Flame 2006. Amsterdam 14 March 2006.
3. Global Economic Prospects. Economic Implications of Remittances and Migration. The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank, 2006.
4. *Макаров А.А.* Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство. М.: Энергоатомиздат, 1998.
5. *Фортвов В.Е., Макаров А.А.* Тенденции развития мировой энергетики и Энергетическая стратегия Россия // Вестник РАН. 2004. №3.
6. *Saghir J.* Energy and Poverty Myths, Energy and Mining Sector Board // Energy Working Notes. 2005. №4.
7. *Велихов Е.П., Смирнов В.П.* Состояние исследованый и перспективы термоядерной энергетики // Вестник РАН. 2006. №5.