

**Володимир ЩЕРБИНА**

Вчений секретар журналу «Перехід-IV»

## ЯДЕРНА АЛЬТЕРНАТИВА

У зв'язку з оголошенням дати остаточного закриття Чорнобильської атомної електростанції в нашому суспільстві знову загострився інтерес до ядерної енергетики. З огляду на це редакція журналу «Перехід-IV» визнала за доцільне дати стислий огляд деяких аспектів сучасних енергетичних проблем в Україні і світі.

### 1. ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Нині для виробництва електроенергії у світі використовуються такі джерела:

- **органічне паливо** (нафта, газ, вугілля, торф, деревина тощо) для **теплових електростанцій** (ТЕС). Ці види палива відносяться до лімітованих природних ресурсів. Видобування їх можливе лише на обмежених територіях, що зумовлює величезну залежність енергетики від невеликого територіального ядра. Під час спалювання органічної сировини в атмосферу масово викидається вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), який вважається головним чинником планетарного парникового ефекту. Крім того, теплові електростанції відчутно забруднюють екологічне середовище.
- **енергія води**, на якій працюють **гідроелектростанції** (ГЕС). Ці станції локально погіршують клімат, виснажують ріки, спричиняють проблеми у постачанні населення прісною водою, утруднюють судноплавство, різко зменшують рибні ресурси тощо.
- **альтернативні джерела** — сонячні, вітрові, геотермальні, припливні та ін. Поки що вони використовуються дуже обмежено, а тому не можуть бути серйозним чинником промислового виробництва.
- **ядерне паливо**, на якому працюють **атомні електростанції** (АЕС). Це паливо підлягає повторній переробці (рециклюванню), отож його можна відносити до умовно поновлюваних ресурсів. Крім того, воно є екологічно чистішим, ніж інші енергоносії, позаяк не засмічує прилеглу до АЕС територію, не забруднює атмосферу і не впливає на клімат. Головні труднощі в атомній енергетиці стосуються проблеми утилізації відпрацьованого ядерного палива.

У перспективі ТЕС є найгіршим варіантом для енергетики. За оптимістичними прогнозами легкодоступної нафти на планеті залишилося років на 50—60, і це за умови збереження сучасного рівня її споживання. Природного газу вистачить років на 90—100 (при цьому в міру виснаження природних родовищ ціна газу невпинно зростатиме). Спроби знайти замітники (біогаз, спирт, олія, рослинна біомаса<sup>1</sup> тощо) мають локальний характер і не можуть бути серйозною альтернативою (до того ж при спаленні замінних видів палива теж утворюється вуглекислий газ). Що ж до вугілля, то його світових покладів вистачить ще на 300—400<sup>2</sup> років, але вугільні станції є екологічно найбруднішими та найнебезпечнішими. По-перше, на них практично вся електроенергія отримується за рахунок згоряння вуглецю, що, повторимо ще раз, супроводжується викиданням у повітря



Теплові електростанції є найбільшими забруднювачами атмосфери

<sup>1</sup> Наприклад, в іспанських містах Віллабілла-де-Бургос та Алкала-де-Гурреа будуються дві електростанції, які працюватимуть на сушених артишоках та забезпечуватимуть електроенергією 60 тис. чоловік.

<sup>2</sup> World Bank Atlas надає значно песимістичніші прогнози: покладів вугілля залишилось на 235 років, природного газу – на 66 років, нафти – на 43 роки.

вуглекислого газу<sup>3</sup>. По-друге, природне вугілля містить сірчисті домішки, які при згорянні утворюють сірчистий ангідрид — головну причину кислотних дощів<sup>4</sup>. По-третє, природне вугілля містить радіоактивні домішки, які осідають з продуктами горіння на значних обсягах прилеглої до станції території та, нагромаджуючись протягом десятків років роботи ТЕС, спроможні помітно підвищити радіоактивний фон цієї місцевості<sup>5</sup>. А по-четверте, саме вугільні ТЕС відбирають найбільше людських життів.

У теорії безпеки існує такий показник, як “ризик смерті”, що вимірюється кількістю смертей на людину за рік. Тобто, якщо ризик смерті від якоїсь причини дорівнює, скажімо,  $10^{-6}$ , то це означає, що з одного мільйона людей (тобто  $10^6$  осіб), до числа яких включено всі вікові групи населення, щорічно вмирає саме через цю причину 1 (одна) людина. В таблиці 1 показані порівняльні дані по ризиках смерті від кількох типів причин.

Таблиця 1. “Ризики смерті”

| Причина смерті (в порядку зменшення)   | “ризик смерті”                         |
|--|--|
| Куріння  | $5 \cdot 10^{-4}$                      |
| Забруднення атмосферного повітря викидами ТЕС  | $2 \cdot 10^{-5}$                      |
| Стихійні лиха (землетруси, повені, буревії, грози тощо)                                | $1 \cdot 10^{-5}$                      |
| Отруєння вихлопними газами автомобілів   | $5 \cdot 10^{-6}$                      |
| Викидання в атмосферу радіоактивних відходів та ядерне опромінення під час роботи АЕС* | $5 \cdot 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-7}$ |

\* Наведено “оптимістичну” та “песимістичну” оцінки

Як бачимо, ризик смерті від викидання в атмосферу радіоактивних відходів та від ядерного опромінення під час роботи АЕС оцінюється на два порядки менше порівняно із шкідливим впливом викидів ТЕС.

Інший показник, що характеризує небезпеку технічних систем, має назву “додаткової смертності”. За матеріалами М.Мали (Чехія), додаткова смертність від впливу вугільної ТЕС може досягати 226 чоловік на мільярд кВт•г виробленої електроенергії (професор Каліфорнійського університету Р.Гейл дає оптимістичніші оцінки: 100 чоловік на кожний мільярд кВт•г). При цьому структура додаткової смертності характеризується такими показниками: видобування вугілля —  $0,12 \div 0,19$  чол./млрд кВт•г, обробка вугілля — 0,09, транспортування — 0,05, радіоактивне забруднення при виробництві електроенергії — 73,4, нерадіоактивне забруднення — 152,7 чол./млрд кВт•г. У той же час аналогічний показник для АЕС становить  $0,15$  чол./млрд кВт•г, що в  $1000 \div 1500$  разів менше.



Завантаження відпрацьованого ядерного палива до сухого сховища горизонтального типу

## 2. ЯДЕРНО-ПАЛИВНИЙ ЦИКЛ

**Відкритий паливний цикл** ядерної енергетики (ВПЦ<sup>6</sup>). Передбачає витримування опромінених тепловидільних зборок (ТВЗ) у проміжних сховищах протягом 30—50 років та наступне довічне поховання або ТВЗ цілком, або щільних упаковок їхніх складових частин — тепловидільних елементів (ТВЕЛів) у спеціальних глибинних сховищах. Ця технологія, поширена нині у більшості країн, які мають АЕС, зумовлена головним чином відсутністю науково-технічного та економічного потенціалу для переробки опроміненого ядерного палива

на відміну від нафти та газу, в яких частина тепла утворюється завдяки згорянню водню.

<sup>4</sup> Саме через це у великих містах Великобританії заборонено опалення домівок вугіллям.

<sup>5</sup> Коли на Семіпалатинський ядерний полігон почали пускати журналістів, вони їхали туди з лічильниками Гейгера. І були вражені тим, що в самому Семіпалатинську радіоактивний фон є вищим, ніж на полігоні. «Завинила» в цьому вугільна станція, яка протягом багатьох років «постачала» місто радіоактивним пилом. А на полігоні випробування здійснювалися під землею, де й залишалися радіоактивні продукти.

<sup>6</sup> В кінці статті надані специфічно-професійні абревіатури, вживані у сфері ядерної енергетики.

(ОЯП). Крім того, ВПЦ є економічно вигіднішим, ніж замкнутий паливний цикл (ЗПЦ): витрати на зберігання ОЯП у відкритому циклі приблизно в 1,5 рази перевищують витрати на переробку у замкнутому циклі. Однак ВПЦ не розв'язує посправжньому проблему радіоактивних відходів (РАВ), а лише передає її у «спадок» майбутнім поколінням людей. До того ж більшість країн не мають для зберігання ОЯП підходящих природних місць (таких, приміром, як ізольовані від ґрунтових вод і стабільні геологічні формації).

**Замкнутий паливний цикл.** У процесі роботи АЕС уран (U) повністю не вигоряє. Вміст урану-235 в ОЯП залишається на рівні, у 1,5—2 рази вищому, ніж у природному урані. Після тривалої витримки при замкнутому циклі (ця витримка необхідна для зниження радіоактивності) ОЯП надходить на підприємство хімічної переробки задля видобуття невикористаного урану. При цьому можна разом виділяти плутоній (Pu), непуній (Np), америцій (Am) та кюрій (Cm) — для подальшого спалювання їх переважно у швидких реакторах, стронцій-90 (Sr) та цезій-137 (Cs) — для витримки протягом приблизно 200 років у контрольованому сховищі, а також і технецій-99 (Tc) та йод-129 (I) — для переведення їх у стабільний стан при опроміненні в ядерному реакторі. Такий замкнутий цикл дає змогу зменшити небезпеку похованих РАВ приблизно в 100—1000 разів у порівнянні з ОЯП, з якого вони отримані.

Головні потужності з переробки ОЯП діють у Франції та Великобританії; вони перероблюють як своє, так і зарубіжне паливо (німецьке, швейцарське, японське, бельгійське). Так, французька фірма «Cogema» третину своїх прибутків отримує від переробки зарубіжного ОЯП. Японія також створює у себе відповідну галузь промисловості.

Промисловість ЗПЦ значною мірою створено в Росії. Тут після переробки ОЯП замовникам повертаються уран, плутоній та оброблені, скомпактовані й упаковані РАВ. Зараз в Росії точиться дискусія на державному рівні щодо можливості (на відміну від інших країн) здійснення таких операцій, як тривале контрольоване зберігання ОЯП та остаточне спільне поховання своїх та зарубіжних РАВ. Поки ж що підвищення цін на переробку з умовою повернення замовникам плутонію та високоактивних відходів призвели до того, що від послуг Росії відмовилися Фінляндія та поступово відмовляються країни Східної Європи, які до цього співробітничали з Міністерством РФ. Переробка ОЯП у Росії здійснюється на заводі «РТ-1» хімкомбінату «Маяк» (Челябінська область). Будується завод «РТ-2» на Красноярському гірничо-хімічному комбінаті.

**З використанням збройового урану.** Високозбагачений уран (ВЗУ), що його видобувають з демонтованої зброї, за спеціальною технологією змішується з низькозбагаченим (НЗУ) для отримання палива із вмістом урану-235 близько 4%.

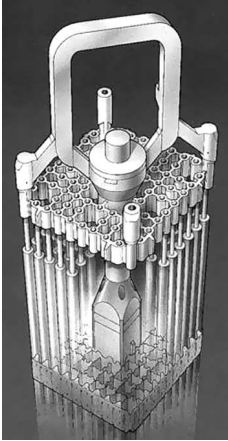
**З використанням плутонію.** Плутоній, видобутий із зброї або ОЯП, використовується у спеціальній суміші як добавка до палива у швидких реакторах. Сьогодні такі реактори в енергетиці діють лише у кількох країнах (Україна не є в їхньому числі). За кордоном почали виділяти плутоній з ОЯП та спалювати його у теплових реакторах. На цьому принципі працюють 30 європейських реакторів. Але це не дає принципової економії палива (у видобутку природного урану) та пов'язане з додатковим опроміненням персоналу. Окрім того, використання плутонію трохи погіршує ядерну безпеку теплових реакторів, котрі відначально проектувалися для працювання на збагаченому урані. Та попри все це, на сьогодні описана технологія є найприступнішим методом залучення плутонію до корисної роботи.

### 3. ЯДЕРНЕ ПАЛИВО

Для отримання ядерного палива треба спочатку добути та переробити уранову руду. Потім на металургійних та збагачувальних комбінатах природний уран збагачують та доводять до певного хімічного стану. Далі за спеціальною наукомісткою технологією виготовляються паливно-уранові таблетки. На складальних підприємствах ці таблетки вкладаються в цирконієві труби, виготовлені на машинобудівних заводах. Після цього відбувається збірка та герметизація ТВЕЛів.

Світовий ринок урану фактично поділили між собою 6—8 фірм. При цьому близько 70% світового виробництва урану контролюють фірми «Самесо» (Канада) та «Cogema» (Франція). Навесні 1997 р. «Самесо», «Cogema» та «Nukem» (німецький

урановий брокер) об'єдналися в консорціум, аби перекупити частину уранового «контракту століття» (продаж у США російського переробленого урану з демонтованої зброї). Якби це вдалося, то «Сатесо-Согема-Нукет» отримали б понад 80% світового ринку уранової сировини. Однак Росія не погодилася з цим і уклала угоду з американською державною компанією «USEC». Зараз «USEC» приватизується. Вочевидь, її новим господарем стане американська ж корпорація «Westinghouse» — виробник уранового палива.



Тепловидільна зборка (ТВЗ) фірми «Siemens»

У Росії виробництвом ядерного палива займається концерн «ТВЭЛ», створений 1996 року за указом Президента РФ. У середині Росії концерн є природним монополістом. Крім того, концерн постачає ядерне паливо (ТВЕЛ) на АЕС радянського виробництва, зокрема і в Україну. Згідно з укладеною на початку 2000-го року угодою між Росією та Україною, українські АЕС отримуватимуть паливо прямо від концерну «ТВЭЛ», без посередників. Це приблизно на 30% скоротить витрати України у порівнянні з 1999 р. Окрім того, наші АЕС розплачуватимуться «живими грошима», а не за бартером, як досі. Станом на 1 вересня було погашено заборгованість за минулорічне постачання ядерного палива та здійснено постачання свіжого ядерного палива на 7 українських енергоблоків, а також авансову передоплату за поставку ядерного палива ще на 2 блоки. Тривають переговори щодо створення спільного російсько-казахстансько-українського підприємства з виробництва ТВЕЛів, які надходять в Україну.

Іншими, окрім згаданих вище, світовими виробниками ядерного палива є англійська фірма «BNFL», французька «Fragema», німецька «Siemens», шведська «ABB». Вважається, що протягом наступних 8—10 років конкурентноспроможними на світовому ядерно-паливному ринку стануть і китайські виробники.

#### 4. АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ

На сьогодні в Україні діють п'ять АЕС (Запорізька, Південноукраїнська<sup>7</sup>, Рівненська, Хмельницька, Чорнобильська); експлуатуються 14 енергоблоків. У грудні 2000 р. заплановано цілком вивести з експлуатації Чорнобильську АЕС. Будівництво чотирьох енергоблоків (одного — на Рівненській та трьох — на Хмельницькій АЕС) було призупинено відповідно до мораторію на введення в дію нових блоків на атомних станціях, ухваленого Верховною Радою України ще в 1990 р. Ступінь готовності четвертого блоку Рівненської та другого блоку Хмельницької АЕС становить близько 80—85%. У Мінатомі Росії підготовано проекти добудови блоків на Рівненській та Хмельницькій АЕС.

На Чорнобильській станції працювали блоки РБМК-1000, на Рівненській діють два блоки ВВЕР-440 та один блок ВВЕР-1000. На інших станціях працюють блоки ВВЕР-1000.

АЕС України виробляють 73 млрд кВт•г на рік, що становить 43,8% усієї електроенергії, яка споживається в нашій країні. З них 33,76 млрд дає Запорізька АЕС — найбільша АЕС у Європі. А за кількістю реакторів та їхньою сумарною потужністю Україна посідає восьме місце у світі та п'яте в Європі.



Атомні електростанції України

В офіційних документах ця станція позначають за радянською назвою «Южноукраїнська АЕС» (ЮУАЕС).

Проблемою залишається опромінене (відпрацьоване) ядерне паливо. На замовлення корпорації «Енергомаш» спеціально для Рівненської та Південноукраїнської АЕС у Російському Федеральному Ядерному Центрі (РФЯЦ-ВНИИТФ, Снежинськ) було розроблено транспортно-пакувальний контейнер (ТПК) для збереження та перевезення ОЯТ. На Запорізькій АЕС побудовано сухе сховище опроміненого (відпрацьованого) ядерного палива (ССОЯП). Його потужності

вистачить, щоб зберігати ОЯП, яке буде напрацьовано протягом усього терміну експлуатації станції. Такі ж сховища планується побудувати на всіх АЕС України. Така орієнтація на відкритий паливний цикл на сьогодні є економічно вигіднішою. Вартість зберігання ОЯП у сховищі Запорізької АЕС складає \$32 на 1 кг. В минулому році Росія приймала українське ОЯП по ціні \$65 на 1 кг, в той час як на Заході ціна на переробку 1 кг ОЯП досягає \$1000. Таким чином, будуючи ССОЯП, Україна намагається захиститись від значного підвищення ціни, яке можна очікувати у будь-який момент. Але варто ще раз нагадати, що орієнтація виключно на відкритий паливний цикл є відкладанням проблеми РАВ наступним поколінням.

### 5. АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА У КРАЇНАХ СХІДНОЇ ЄВРОПИ

За час існування РЕВ у багатьох країнах Східної Європи були побудовані свої АЕС. Звичайно ці країни мають по одній-дві станції, причому вони дають значну частину національної електроенергії (див. таблицю 2). Усі ці країни мають однакові проблеми — де придбати ядерне паливо та що робити з ОЯП. Самостійно розв'язати ці проблеми (зокрема, створити власне виробництво ядерного палива) вони не мають змоги, отож прагнуть дістати допомогу з-за кордону. І постійно вагаються при цьому між нестабільною Росією, зі сфери впливу якої намагаються вийти, та Заходом з його надто високими цінами.

З огляду на сказане Україна може стати реальною альтернативою для атомної енергетики східноєвропейських держав, оскільки вона стабільна, має власні поклади урану і працює за спільними для Східної Європи стандартами. **Залучення цих держав до створення в Україні спільного виробництва палива для АЕС та потужностей з переробки ОЯП буде мати для нас значний економічний та політичний ефект.**



**Країни Східної Європи, які мають АЕС.**  
Хорватія і Білорусь мають перспективні наміри будівництва АЕС

**Таблиця 2. Атомна енергетика у країнах Східної Європи (за станом на березень 2000 р.)**

| Країна     | Кількість блоків в експлуатації | Кількість блоків, які будуються | Частка атомної енергетики у загальному електровиробництві країни (у відсотках) |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| Болгарія   | 6                               |                                 | 47,12  |
| Угорщина   | 4                               |                                 | 38,30  |
| Литва*     | 2                               |                                 | 73,11  |
| Румунія    | 1                               | 1                               | 10,69  |
| Словаччина | 6                               | 2                               | 47,02  |
| Словенія   | 1                               |                                 | 36,23  |
| Україна**  | 14                              | 4                               | 43,77  |
| Чехія      | 4                               | 2                               | 20,77  |

\* Сейм Литви ухвалив “Стратегію енергетики”, яка передбачає закриття першого блоку Ігналинської АЕС до 2005 р. Однак виконання цієї Стратегії залежатиме від допомоги з боку Європейського Союзу.

\*\* Заплановано виведення з експлуатації Чорнобильської АЕС у грудні 2000 р.

## ВИСНОВКИ:

1. Вже сьогодні у світі постає проблема пошуку альтернативи тепловим електростанціям.
2. Нині єдиною реальною альтернативою тепловим електростанціям є АЕС.
3. В Україні треба негайно створювати власну промисловість з виробництва палива для АЕС та переробки ОЯП.
4. Для створення власної промисловості з виробництва палива для АЕС та переробки ОЯП Україні доцільно кооперуватися із східноєвропейськими країнами.

## СПЕЦИФІЧНО-ПРОФЕСІЙНІ АБРЕВІАТУРИ, ВЖИВАНІ У СФЕРІ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ:

АЕС — атомна електростанція.

ВАО АЕС — Всесвітня Асоціація Організацій, які експлуатують АЕС.

ВЗУ — високозбагачений уран (ідеться про збройовий уран, у якому вміст урану-235 становить  $\approx 80$ — $90\%$ ).

ВЗУ—НЗУ — технологія змішування високозбагаченого збройового урану (ВЗУ) з низькозбагаченим (НЗУ) задля отримання палива із вмістом урану-235  $\approx 4,4\%$ .

ВПЦ — відкритий паливний цикл.

ОТВЗ — опромінена тепловидільна зборка.

ЗПЦ — замкнутий паливний цикл.

НАЕК — Національна атомна енергогенеруюча компанія України («Енергоатом»).

НЗУ — низькозбагачений уран (із вмістом урану-235 до  $4\%$ ).

ОЯП — опромінене ядерне паливо (супротивники замкнутого циклу називають його «відпрацьованим ядерним паливом»).

РАВ — радіоактивні відходи.

ССОЯП — сухе сховище опроміненого (відпрацьованого) ядерного палива.

ТВЕЛ — тепловидільний елемент.

ТВЗ — тепловидільна зборка (див. вище), яка містить кілька ТВЕЛів.

ТПК — транспортно-пакувальний контейнер.

## ДО РЕЧІ...

### НІМЕЧЧИНА

19 діючих у Німеччині енергоблоків АЕС виробляють близько 170 млрд кВт•г електроенергії на рік. Якщо б ця електроенергія вироблялася на теплових електростанціях, то це призвело б до збільшення на  $25\%$  викиду вуглекислого газу в атмосферу. Проте і сьогодні, маючи лише  $0,3\%$  лісів планети та  $1\%$  світового населення, Німеччина викидає в атмосферу  $4\%$  усієї промислової вуглекислоти. Тобто Німеччина практично паразитує на киснево-регенераційних можливостях лісів Бразилії, Росії, Канади та інших «лісових» країн, а також киснетворчих ресурсах Світового океану. І при цьому вона декларує свій намір відмовитися від ядерної енергетики. Якщо й справді буде запроваджено міжнародний екологічний податок на промислову вуглекислоту, частина якого витратиться на збереження лісів, то Німеччина стане одним з головних платників. З огляду на це просто знущанням виглядає пропозиція німецької сторони надати допомогу Україні в закритті Чорнобильської АЕС за умови, що Україна відмовиться від ядерної енергетики і піде «німецьким шляхом».

### ШВЕЦІЯ

Після чорнобильської аварії Швеція оголосила про свій намір стати повністю без'ядерною державою і протягом  $20$ — $30$  років ліквідувати на своїй території усі АЕС. Сьогодні шведські АЕС дають  $46,8\%$  усієї електроенергії в країні. У листопаді 1999 р. було зупинено енергоблок Барсебек-1. Це призвело до того, що Швеція вперше за останні  $30$  років стала імпортером датської електроенергії. За перші три місяці після зупинення згаданого блоку загальний імпорт електроенергії у Швецію

досяг рівня 1 млрд кВт•г, для чого на ТЕС Данії було додатково спалено 347 тис. т вугілля з Росії та Польщі. Зростання використання органічних видів палива на вугільних станціях Данії та Німеччини, спричинене потребами збільшення імпорту електроенергії в Швецію, викличе почастищення кислотних дощів в усій південній частині Швеції, а викиди у повітря двоокису вуглецю зростуть майже на 4 млн т на рік. Це означатиме подвоєння емісії двоокису вуглецю від виробництва електроенергії в Швеції, що категорично суперечить міжнародним зобов'язанням цієї країни щодо зниження згаданої емісії в рамках Кіотського Протоколу.

### **БІЛОРУСЬ**

У грудні 1998 року спеціальна урядова комісія з оцінки доцільності розвитку в республіці атомної енергетики прийшла до висновку, що “протягом найближчих 10 років недоцільно починати будівництво атомної станції, але необхідно продовжувати роботи з підготовки та розвитку атомної енергетики в Республіці Білорусь у майбутньому”. Сьогодні Білорусь купує електроенергію, вироблену в Литві на Ігналинській АЕС. Прийняття сеймом Литви “Стратегії енергетики”, яка передбачає закриття першого блоку Ігналинської АЕС до 2005 р., примушує уряд Білорусі більш уважно ставитись до можливостей ядерної енергетики. На сьогодні вже проведено початкові геолого-розвідні роботи і визначено 5 можливих місць будівництва АЕС.

### **ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ВИКОРИСТАННЯ АЕС**

За оцінками британських експертів, АЕС виробляють 34% електроенергії в Європі, що забезпечує від викидів в атмосферу 700 млн т вуглекислого газу щорічно (що мало б місце, якби ця європейська електроенергія вироблялася на ТЕС). У світовому масштабі це становить відповідно 17% та 1,8 млрд т. Парадокс тут полягає у тому, що чимало західних країн не матимуть змоги виконувати свої зобов'язання щодо захисту навколишнього середовища (прийняті ними на конференції з кліматичних змін у Кіото в 1997 р.), якщо закриють свої атомні станції. У 1998 р. у доповіді одного з комітетів британського парламенту наголошувалося, що Великобританія не зможе скоротити на 20% викиди вуглекислого газу в атмосферу, якщо вона не збереже свою атомну енергетику. **Таким чином, уряди розвинених європейських держав переконуються, що оголосити про плани закриття АЕС значно легше, ніж здійснити ці плани на практиці.** Деякі країни, зокрема Великобританія та Швейцарія, вже схвалили продовження терміну експлуатації наявних АЕС. Отож цілком може статися так, що стурбованість світової громадськості безпекою атомної енергетики, що відбилося у низці випадків заборони будівництва нових АЕС, парадоксальним чином призведе до підриву цієї самої безпеки. Адже заради виконання екологічних вимог доведеться продовжувати експлуатацію застарілих, з майже випрацьованим ресурсом, а отже, й менш надійних та менш безпечних станцій замість того, щоб запроваджувати удосконалені й безпечніші реактори нового покоління...

### **ВНЕСОК ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ У ВИКИДИ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ**

Для виробництва 1 млн кВт•г електроенергії на ТЕС необхідно спалити 150 тон газу, що призведе до викиду в атмосферу 360 тон вуглекислого газу. Або 300 тон нафти (700-800 тон CO<sub>2</sub>). Або 400 тон вугілля (850 тон CO<sub>2</sub>). Виробництво такої ж кількості електроенергії на АЕС потребує лише 30 кг урану і зберігає атмосферу від зайвого вуглекислого газу.

### **НАФТОВА КРИЗА**

У вересні 2000 р. країнами Європи прокотилася хвиля заворушень, пов'язаних із підвищенням цін на пальне. Біржова ціна на нафту стрибнула до \$36 за барель (у понад 3 рази вище, ніж 2 роки тому). Можна очікувати, що по мірі вичерпання світових родовищ ціна на вуглеводневе пальне буде далі зростати і подібні кризи відбуватимуться регулярно — якщо не буде альтернативного джерела енергії.

### **ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР У БЕЗПЕЦІ АЕС**

За три роки до Чорнобильської катастрофи вийшла книга “Атомная энергия и радиационная безопасность”, де розглядалися можливі позаштатні ситуації при роботі блоків РБМК (Чорнобильського типу). Аварія була можливою при

“неможливому” збігу обставин: повному зникненні води з другого контуру і одночасному виходу з ладу майже всіх органів блокування і аварійної зупинки реактора. Саме ця “неможлива” ситуація відбулася 26 квітня 1986 року. Вона майже повністю збігалася з описаним у книзі сценарієм, за винятком того, що була спричинена не випадковими малоймовірними відхиленнями, а свідомими діями персоналу. Недолік конструкції реактора полягав лише в тому, що він не мав самозахисту по відношенню до несанкціонованих дій з боку персоналу.

Сьогодні на Хмельницькій АЕС створено тренажерний комплекс, де персонал українських АЕС відпрацьовує правильні дії при ймовірних позаштатних ситуаціях.

### БУДІВНИЦТВО У СВІТІ НОВИХ ЕНЕРГОБЛОКІВ

Протягом 1999—2000 рр. стали до ладу й були підключені до електромережі чотири нові енергоблоки: в Індії (Кайга-2), Південній Кореї (Вольсун-4), Словаччині (Моховце-2) та Франції (Сиво-2). Їхня загальна потужність досягає 2700 мегават. За цей же період було виведено з експлуатації два енергоблоки: в Швеції (Барсебек-1) та Казахстані (Актау-1). Всього зараз у світі працюють 433 енергоблоки, що дають щорічно 2401,16 мільярдів кВт•г. Будуються 37 енергоблоків АЕС; 7 із них були закладені в 1999 р.

*Київ, вересень, 2000 р.*



У порівнянні з будь-яким іншим джерелом енергії ядерна енергетика має найменший вплив на довкілля – повітря, ґрунти, воду, рослинний і тваринний світ:

- 1) вона не викидає шкідливі гази,
- 2) ізолює свої відходи від природи,
- 3) потребує меншої території для виробництва тієї ж кількості енергії в порівнянні з іншими джерелами.

“Дим”, що можна бачити над АЕС, – насправді звичайний чистий водяний пар.

