

яка залежить від зовнішніх чинників і опирається на них, не можна вважати повноцінно суверенною. Це формальний суверенітет. Життєво важливо пов'язати суверенітет із якістю державного управління, примусити суспільство усвідомити, що держава — надзвичайно складна історична конструкція, яка формується протягом тривалого часу із залученням усіх сторін. Насамперед за безпосередньої участі народу й не завжди через вибори. Безкінечні вибори як прикриття беспорядності — не найкраще наше політичне надбання. Не менш нагальною є необхідність відійти від конформізму, перестати боятися не сподобатися владі; припинити освячувати все, що спускають згори; почати демонструвати принциповість. Наприклад, у ставленні до такої новації, як створення чергової державної екологічної академії, або щодо наруги над Академією правових наук. А то відозву з цього приводу підписали — і все «с глаз долой, из сердца вон». Домінувати мають не політичні та безкінечні організаційні інвективи, а проривні ідеї. Наше найважливіше завдання: пробудити і максимально включити в практичне життя

креативну енергію людей. Для цього необхідна серйозна розмова, потрібні, мабуть, струс і стрес, але найважливіше — потрібна нова економіка на науковому підґрунті. Слід відкинути курс на індустріалізм, принаймні його не освячувати. Цей етап уже закінчився. Криза на це владно вказує, а ми прагнемо повернути всі показники до рівня 1990 року, як колись зіставляли наші здобутки з 1913 роком. Загальна українська вимога має вирізнятися ставкою на інтелектуальний продукт таких самих якості і масштабів, що й у Європі та Америці. Не менш важливо примусити суспільство усвідомити очевидне: культура йде за політичною могутністю і економічними можливостями. Отже, діяти потрібно цілісно, направивши вектор державного руху на цивілізаційний, духовний розвиток. Лише так ми належно засвоїмо висновок про нинішні непрості реалії. Зрозуміло, що без інтелекту, без Академії наук, у якій він значною мірою зосереджений, не буде адекватної відповіді України на сучасні виклики. Вірю, що українські науковці скажуть своє слово. Утім іншого нам не дано.

О.С. БАКАЙ,
академік НАН України,
завідувач відділу Інституту теоретичної фізики ім. О.І. Ахієзера
ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України

У своїй звітній доповіді Б.Є. Патон звернув увагу на те, що ядерна енергетика є надзвичайно вагомим сектором економіки України, а також на те, що Національна академія наук України значну увагу приділяє науково-технічному супроводу цієї галузі. Свій виступ я присвячу аналізу стану та тенденцій розвитку атомної

енергетики у світі, оцінкам стану й ресурсного забезпечення ядерної енергетики України та пропозиціям НАН України щодо Енергетичної стратегії України, скориставшись матеріалами книги «Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні» (Патон Б.Є., Бакай О.С., Бар'яхтар В.Г., Неклюдов І.М., 2008).

В атомній енергетиці України задіяно 15 теплових легководних реакторів 2-го покоління типу ВВЕР, які виробляють половину електроенергії в нашій державі. В Україні багаті поклади урану, цирконію, гафнію, торію, заліза, що є основними компонентами ядерного палива та необхідними матеріалами для реакторних конструкцій. Ми не виробляємо власного палива (урану-235 з українських родовищ вистачить на 50–100 років) та важливих елементів реакторних конструкцій (наприклад, корпусів). Не розв'язано істотних проблем поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП). Сьогодні видобуток власного урану лише на 30% може забезпечити поточні потреби в ядерному паливі, решту доводиться закуповувати. Технологічний супровід, постачання палива та будівництво нових блоків для нашої атомної енергетики здійснює Росія. При цьому слід пам'ятати, що ядерна енергетика – це важливий складник енергетичної безпеки ядерних держав та, разом із ядерною зброєю, потужний інструмент політики й геополітики.

Наведу кілька тез довідкового характеру:

- Середній період життя ядерного реактора становить 50–60 років, а термін розроблення та впровадження нових ядерних технологій – десятки років.
- До 2050 р. обсяг сектору атомної енергетики у світі має зрости в 3–4 рази, щоб запобігти катастрофі глобального потепління.
- До 2030 р. провідні ядерні держави планують створити і розпочати впровадження ядерних технологій 4-го покоління, яким притаманний високий ступінь надійності і екологічної безпеки. Крім того, ядерні технології 4-го покоління створюють технологічний бар'єр на шляху розповсюдження ядерної зброї.

Оскільки весь розвіданий уран-235 буде спалено в теплових реакторах через 50–60 років, існують очікування, що світ пере-

йде на ядерні реактори на швидких нейтронах, у яких паливом слугуватиме уран-238. Цього ізотопу в природному урані міститься в 120 разів більше, ніж урану-235. Перспективні також реактори, що працюватимуть на торії-232. За приблизними оцінками, торію в природі в 4–5 разів більше, ніж урану. Освоєння торієвого паливного циклу перебуває на початковій стадії.

З наведеної інформації випливає кілька загальних висновків. По-перше, створення і розвиток ядерної енергетики має бути одним із головних державних пріоритетів України. З метою гарантування енергетичної безпеки країни слід диверсифікувати ядерні технології та їхніх постачальників. По-друге, реактори, побудовані в найближчі десятиліття, а також ті, що нині діють, перебуватимуть в експлуатації майже до кінця ХХІ століття. Умовою ефективної розбудови власної ядерної енергетики є довготермінове планування і послідовне виконання планів щодо розвитку і впровадження ядерних технологій та будівництва нових реакторів. По-третє, розбудовуючи ядерну енергетику в Україні, слід взяти до уваги перспективи розвитку світової ядерної енергетики та брати активну участь у розвитку і впровадженні ядерних технологій 4-го покоління, які забезпечать ефективне використання місцевих паливних ресурсів та власного промислового і науково-технічного потенціалу. Попит на уран-235 невпинно зростатиме внаслідок збільшення у світі числа реакторів із паливними циклами на цьому ізотопі та вичерпання його запасів у природі. Ядерні технології національної енергетики мають забезпечити ощадливе і ефективне довготермінове використання урану-235.

У березні 2006 р. Кабінет Міністрів України схвалив Енергетичну стратегію України на період до 2030 року, згідно з якою до кінця цього періоду сумарна потужність

атомних і теплових електростанцій країни повинна збільшитися в 2,2 разу, а основу атомної енергетики, як уже зазначалося, мають становити теплові легководні реактори 2-го покоління типу ВВЕР.

Цей стратегічний план поки що є лише задекларованими намірами, які не підкріплені реальним довготерміновим плануванням та фінансово-економічним забезпеченням. Існують також істотні недоліки поточного організаційного забезпечення ядерної енергетики й атомної промисловості. Суттєвим недоліком прийнятої Енергетичної стратегії є те, що в ній не взято до уваги революційних змін ядерних технологій у світі, які відбуватимуться до 2030 року.

На НАН України покладено обов'язок науково-технічного супроводу атомної енергетики. З метою ефективного виконання цього завдання 5 років тому за ініціативи Б.Є. Патона було створено Відділення ядерної фізики і енергетики (ВЯФЕ) НАН України. Одним із його найважливіших завдань було активне вивчення перспективних напрямів розвитку атомної енергетики в Україні та напрацювання відповідних пропозицій для Енергетичної стратегії.

Так, за ініціативи президентів НАН України і РАН Б.Є. Патона та Ю.С. Осипова у 2008 р. організовано Російсько-Український семінар із проблем розвитку атомної енергетики та з метою налагодження співпраці в цій царині. У семінарі брали участь науковці, представники промисловості та енергогенерувальних компаній. Ішлося про плани розбудови національних атомних енергетик та про співпрацю у сфері розвитку технологій на основі ВВЕР. Цей захід допоміг глибше ознайомитися з планами вдосконалення технологій легководних теплових реакторів у нашого основного постачальника і з перспективами створення на їхній основі технологій наступних поколінь. Зважаючи на те що саме реактори типу ВВЕР зараз становлять основу нашої

ядерної енергетики і ще довго перебуватимуть в експлуатації, проведення подібних заходів – нагальна необхідність. Ухвалено рішення, щоб такі семінари були регулярними.

У 2007 та 2008 рр. відбулося 2 візити фахівців нашої Академії в Канаду для вивчення важководних ядерних технологій і консультацій щодо співпраці між НАН України та канадською державною фірмою «Атомна Енергетика Канади Лімітед» (АЕКЛ), а також можливого співробітництва на міждержавному рівні. У травні минулого року Б.Є. Патон і представник АЕКЛ Р. Сперанзіні в присутності посла Канади в Україні і представника Президента України підписали угоду про довготермінове партнерство. Триває співпраця в межах цієї угоди, передбачено її поглиблення.

У 2008 р. здійснено візит науковців Академії в Південно-Африканську Республіку з метою вивчення досвіду та перспектив побудови високотемпературних графітових реакторів із гелієвим охолодженням (ВТГР). Проведено ґрунтовні консультації з провідними фахівцями США, Франції, Японії, Швеції щодо перспектив розроблення рідинно-сольових реакторів та участі України в міжнародній програмі з цих технологій. Вивчено матеріали міжнародної співпраці в межах великих програм, відомих під скороченими назвами Generation-IV та INPRO. Учасниками цих програм є всі провідні ядерні держави світу.

Окрім загальних висновків, сформульовано також рекомендації щодо напрямів розвитку ядерної енергетики в Україні. Основні з них такі:

- до 2030 р. диверсифікувати ядерні технології з метою поступового переходу на багаторівневу (спершу дворівневу) ядерну енергетику та закласти підґрунтя розвитку ядерних технологій 4-го покоління в Україні. Перший рівень – *енергетичні ядерні* реактори нинішнього та наступ-

них поколінь. Другий – реактори з *новими паливними циклами*, що дають змогу «допалювати» відпрацьоване в теплових легководних реакторах паливо, яке містить значну кількість урану-235; «випалювати» небезпечні радіотоксичні ізотопи ВЯП; запровадити торієвий паливний цикл. Цікавою є також можливість отримання паливного ізотопу плутонію-239 з урану-238;

- оскільки в Україні відсутні будь-які елементи технології реакторів на швидких нейтронах (ці технології у світі перебувають на стадії розроблення), то поки що слід зосередитися на розробленні й впровадженні технологій із паливними циклами на теплових і проміжних нейтронах.

Серед нових для України реакторів наступного покоління, які розробляють за програмами Generation-IV та INPRO, – важководні реактори типу CANDU, високотемпературні реактори типу ВТТР та рідинно-сольові реактори (РСР).

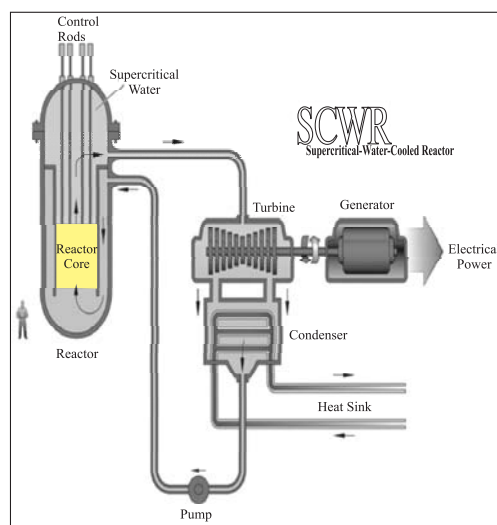
Вартий уваги анонсований російськими фахівцями реактор СуперВВЕР, проте його остаточну концепцію мають виробити лише через 10–15 років.

Охарактеризуємо коротко три названі ядерні технології.

Сьогодні вже розроблено важководні реактори CANDU покоління III+, які можна використовувати в Україні. За умови довготермінового міждержавного партнерства з часом можливий перехід важководних технологій від 3-го до 4-го покоління.

Основні переваги реакторів CANDU покоління III+ для України:

- вони забезпечують диверсифікацію ядерних технологій, створення дворівневої структури ядерної енергетики та еволюційний розвиток технологій 4-го покоління. Як паливо можна використовувати як природний, так і слабкозбагачений уран;
- паливні касети перезавантажують без зупинки реактора; ефективність викорис-



Важководний реактор 4-го покоління SCWR (теплоносії – вода в закритичному стані). Можливі відкритий і замкнений паливні цикли.

тання палива понад 90%. Реактор АСР III+ має негативний тепловий коефіцієнт та високу надійність. За станом та роботою реактора здійснюють цифровий поточний контроль;

- можливе запровадження паливних циклів із «допалюванням» ВЯП легководних реакторів ВВЕР та значним «випалюванням» радіотоксичних ізотопів, а також торієвого паливного циклу;
- канадські постачальники заохочують широке використання місцевих промислових та науково-технічних потужностей, що сприяє ефективній розбудові місцевої ядерної енергетики.

Основні перешкоди для впровадження та повномасштабного використання реакторів CANDU в Україні такі:

- ці технології для України нові, і для їх використання поки що бракує досвіду;
- перш ніж застосовувати технологію «допалювання» ВЯП легководних реакторів та «випалювання» актинідів, її потрібно істотно вдосконалити;
- для впровадження оптимального торієвого паливного циклу необхідні подальші масштабні дослідження;

- для розроблення реактора 4-го покоління SCWR необхідно створити і випробувати нові конструкційні матеріали та розв'язати низку технічних проблем.

Ці перешкоди не є критичні, їх можна подолати за умови довготермінового партнерства з розробниками і постачальниками технологій.

Реактори типу ВТГР перспективні для вироблення водню як екологічно чистого пального для виробництва вуглеводневого палива на основі вуглецю, для опріснення і очищення води тощо. У ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» закладено технологічну основу виробництва високоякісних кулястих паливних елементів для реакторів цього типу. Для оцінення перспективи використання таких реакторів у Україні необхідне подальше їх вивчення та співпраця в цій царині з фахівцями Південно-Африканської Республіки.

Технології РСР можуть мати гнучкі паливні цикли. Ці реактори досить перспективні як для виробництва електроенергії, так і для глибокого випалювання небажаних ізотопів. У ХФТІ проведено ґрунтовні дослідження перспективних конструкційних матеріалів для РСР. У цілому ж створення технологій РСР у світі перебуває на початковій стадії. Вони можуть стати конкурентоздатними в подальшій перспективі.

Поглиблене вивчення та участь у розробленнях перерахованих технологій, створення умов їх упровадження в Україні – важливе завдання як для НАН України, так і для урядових та промислових інституцій. Для ефективного керівництва та забезпечення розбудови ядерної енергетики в Україні слід створити Комітет ядерної енергетики й атомної промисловості (назва умовна), який здійснюватиме довготермінове планування в цій царині та відповідатиме за виконання програм. Комітет слід забезпечити від кардинальних змін під час перебудови інших владних структур.

Найближчі важливі завдання НАН України в цій сфері:

- створення в ННЦ ХФТІ потужного імітаційно-опромінювального центру для тестування перспективних реакторних матеріалів. Кооперація з Росією, Канадою та США в цій галузі. У розвитку цього напрямку може брати участь понад 20 установ НАН України;
- розроблення перспективних паливних циклів: «допалювання» ВЯП від ВВЕР; «випалювання» шкідливих ізотопів; створення торієвого циклу.

Підготовка кадрів для атомної енергетики, що наразі перебуває в незадовільному стані, має бути організована спільними зусиллями МОН України, НАН України та Мінпаливноенерго, що сьогодні здійснює керівництво ядерною енергетикою нашої держави.

**В.П. ГОРБУЛІН,
академік НАН України,
директор Інституту проблем національної безпеки України**

Розгляд проблеми національної безпеки в контексті розвитку стратегічних досліджень на Загальних зборах Національної академії наук України – безумовно, свідчення складної ситуації, у якій перебуває сьогодні наша країна. Але водночас і

усвідомлення керівництвом Академії важливості стратегічних досліджень.

Без ризику помилитися можна стверджувати, що стан національної безпеки в Україні досяг гранично-критичних значень у політичній, воєнній, економічній, соці-