



## Перспективні напрями розвитку ядерної енергетики України

У цьому повідомленні викладено зміст виступу автора на загальних зборах Національної Академії Наук України 15.04.09 р. Його присвячено аналізу стану та тенденцій розвитку атомної енергетики в світі, оцінці стану та ресурсного забезпечення ядерної енергетики України та пропозиції до Енергетичної стратегії України. У статті використано результати, викладені в публікації [1].

Розпочнемо з загальної інформації та деяких висновків, що з неї випливають.

### ДОВІДКА 1:

В атомній енергетиці України задіяно 15 теплових легководних реакторів 2-го покоління, типу ВВЕР, які виробляють половину електроенергії країни.

В Україні багаті поклади урану, цирконію, гафнію, торію, заліза — основних реакторних матеріалів. Власного урану-235 вистачить на 50-100 років (!). Україна не виробляє власного палива та важливих елементів реакторних конструкцій (зокрема, корпусів). Не розв'язано істотні проблеми поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП). Зараз 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.

Ядерна енергетика — це важливий складник енергетичної безпеки ядерних держав та, разом із ядерною зброєю, потужний інструмент політики і геополітики.

**Висновок 1.** Створення і розвиток ядерної енергетики має бути проголошеном одним із головних державних пріоритетів України. З метою забезпечення енергетичної безпеки країни слід диверсифікувати ядерні технології і їх постачальників.

### ДОВІДКА 2:

Середній час життя ядерного реактора становить 50-60 років. Термін розробки та впровадження нових ядерних технологій становить десятки років.

### Висновок 2.

Побудовані в найближчі десятиліття та деякі з нині діючих реакторів перебуватимуть в експлуатації майже до кінця 21-го століття. Умовою ефективної розбудови власної ядерної енергетики є довготермінове планування і послідовне виконання планів.





**Олександр Бакай**

доктор фіз.-мат.наук,  
академік НАН України,  
завідувач відділу теорії  
конденсованих середовищ і  
ядерної матерії  
Інституту теоретичної фізики  
ім. О.І. Ахієзера  
ННЦ "Харківський фізико-  
технічний інститут",  
м. Харків

### **ДОВІДКА 3:**

До 2050 р. обсяг сектору атомної енергетики в світі має зрости в 3-4 рази, щоб запобігти катастрофі глобального потепління.

До 2030 р. провідні ядерні держави планують створити і почати впроваджувати ядерні технології 4-го покоління, яким притаманна висока надійність і екологічна безпека. 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, то відбудеться перехід на ядерні реактори на швидких нейтронах, в яких паливом служить уран-238. Цього ізотопу в природному урані міститься в 120 разів більше ніж урану-235. Перспективними є також реактори, що працюватимуть на торіях-

232. За оцінками, торію в природі в 4-5 разів більше, ніж урану.

### **Висновок 3.**

При розбудові ядерної енергетики 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 ресурсів та власного промислового і науково-технічного потенціалу.

Попит на уран-235 невпинно зростатиме внаслідок збільшення в світі числа реакторів із паливними циклами на цьому ізотопі та в результаті його виснаження. Ядерні технології національної енергетики мають забезпечити заощадливе і ефективне довготермінове використання урану-235.

У березні 2006 р. Кабінет міністрів України схвалив Енергетичну стратегію України на період до 2030 року, у відповідності з якою до кінця цього періоду сумарна потужність атомних і теплових електростанцій країни повинна збільшитися в 2.2 рази [2]. Як згадувалось, основу атомної енергетики мають скласти 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 революційні зміни ядерних технологій у світі, що відбуватимуться до 2030 року.

НАН України виконує обов'язок науково-технічного супроводу атомної енергетики. З метою ефективного виконання цього обов'язку 5 років тому за ініціативи Б.Є. Патона було створено Відділення ядерної фізики і енергетики НАН України. Одним із найважливіших його завдань було активне вивчення перспективних напрямів розвитку атомної енергетики в

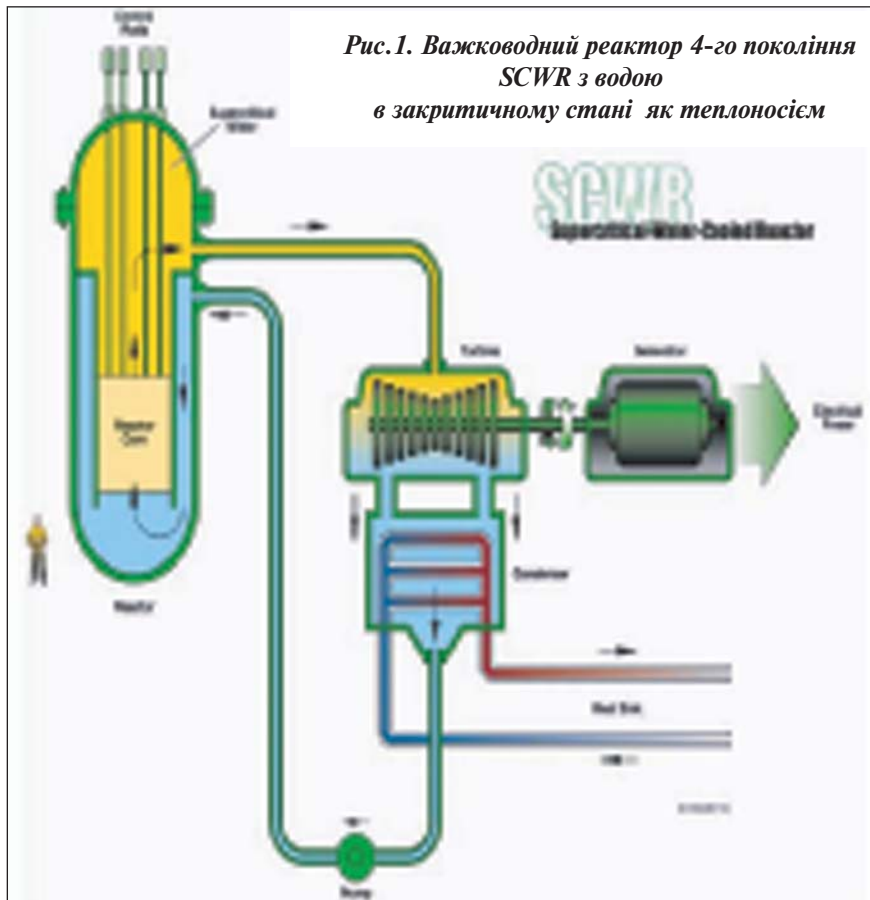
Україні та напрацювання відповідних пропозицій до Енергетичної стратегії України.

Зокрема, за ініціативи президентів НАН України і РАН, академіків Б.Є. Патона і Ю.С. Осінова у 2008 р. організовано Російсько-Український семінар з проблем розвитку атомної енергетики та з метою налагодження співпраці в цій царині, в якому брали участь науковці, представники промисловості та енергогенеруючих компаній. Йшлося здебільшого про плани розбудови національних атомних енергетик та про співпрацю з розвитку технологій на основі ВВЕР. Цей захід дозволив глибше ознайомитися з планами удосконалення 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 є основою нашої ядерної енергетики і будуть довгий час перебувати в експлуатації, проведення подібних заходів є нагальною необхідністю.

У 2007 та 2008 рр. здійснено два візити фахівців Академії в Канаду для вивчення важководних ядерних технологій та консультацій щодо співпраці між НАН України та канадської державної фірми "Атомна енергетика Канади лімітед" (АЕКЛ), а також можливої української співпраці на міждержавному рівні. В 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. Співпраця в рамках цієї угоди триває.

У 2008 р. здійснено візит фахівців Академії в Південно-Африканську республіку (ПАР) з метою вивчення досвіду та перспектив побудови високотемпературних графітових реакторів з гелієвим охолодженням (ВТГР).

Проведено ґрунтовні консультації з провідними фахівцями США, Франції, Японії, Швеції щодо перспектив розробки рідинно-сольових реакторів та участі України в цій програмі.



Вивчено матеріали міжнародної співпраці в межах великих програм, відомих під скороченими назвами Generation-IV та INPRO. Учасниками цих програм є усі провідні ядерні держави світу.

Разом із загальними висновками (див. вище) зроблено також рекомендації щодо напрямів розвитку ядерної енергетики в Україні [1]. Основними серед них є такі:

До 2030 р. здійснити диверсифікацію ядерних технологій з метою поступового переходу на багаторівневу (для початку — дворівневу) ядерну енергетику та закласти основи розвитку ядерних технологій 4-го покоління в Україні. Перший рівень становитимуть енергетичні ядерні реактори нинішнього та наступних поколінь. Другий рівень становитимуть реактори з новими паливними циклами, які дозволяють: “допалювати” відпрацьоване в теплових легководних реакторах паливо, яке містить ще значну кількість урану-235; “випалювати” небезпечні радіотоксичні ізотопи ВЯП; здійснити торієвий паливний цикл; привабливою є також можливість розмноження паливного

ізоотопу плутонію-239 з урану-238. Оскільки в Україні відсутні будь-які елементи технології реакторів на швидких нейтронах, і ці технології перебувають на стадії розробки у світі, то поки що слід зосередитись на використанні, впровадженні розробці інших технологій, з паливними циклами на теплових нейтронах.

Серед нових для України реакторів наступного покоління, що розробляються в програмах Generation-IV та INPRO і становлять або становитимуть істотний інтерес, є: важководні реактори типу CANDU; високотемпературні реактори типу ВТГР; рідинно-сольові реактори (РСР).

Дуже цікавим є аносований російськими фахівцями реактор СуперВВЕР, але його остаточну концепцію мають виробити лише через 10-15 років.

Охарактеризуємо коротко згадані ядерні технології.

Уже розроблено важководні реактори CANDU покоління III+, і ці реактори є доступними для використання в Україні. За умови довготермінового міждержавного партнерства з часом є можливим

перехід до важководних технологій 4-го покоління (рис.1)

Основними перевагами реакторів CANDU покоління III+ для України є те, що вони забезпечують диверсифікацію ядерних технологій, створення дворівневої структури ядерної енергетики та еволюційний розвиток технологій 4-го покоління. Можливим є використання як природного, так і слабо збагаченого урану як палива.

Перезавантаження паливних касет відбувається без зупинки реактора; ефективність використання палива понад 90%. Реактор АСР III+ має негативний тепловий коефіцієнт та високу надійність. Здійснюється цифровий поточний контроль стану та дії реактора.

Можливе здійснення паливних циклів з “допалюванням” ВЯП легководних реакторів ВВЕР та значним “випалюванням” радіотоксичних ізоотопів. Відкривається можливість впровадження торієвого паливного циклу.

Заохочується широке використання місцевих промислових та наукових потужностей, що сприяє ефективній розбудові місцевої ядерної енергетики.

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

— Це нові для України технології, для використання яких поки що не маємо досвіду.

— Технологія “допалювання” ВЯП легководних реакторів та “випалювання” актинідів має істотно вдосконалюватися, щоб бути впровадженою.

— Для впровадження оптимального торієвого паливного циклу необхідні подальші дослідження.

— Для розробки реактора 4-го покоління SCWR необхідно створення і випробування нових конструкцій та розв'язок низки технічних проблем.

Ці перешкоди не є критичними, їх можна подолати при довготерміновому партнерстві з розробниками і постачальниками технологій.



Реактори типу ВТГР є перспективними для напрацювання водню як екологічно чистого пального, для виробництва вуглеводного палива на основі вуглецю, для опріснення і очистки води тощо. В Національному науковому центрі “Харківський фізико-технічний інститут” (ННЦ ХФТІ) закладено технологічну основу виробництва високоякісних кулястих паливних елементів для реакторів цього типу. Для оцінки перспективи використання таких реакторів в Україні потрібні подальші вивчення та співпраця з фахівцями ПАР у цій галузі.



Щодо найближчих важливих завдань НАН України в цій галузі, то відзначимо

— Створення в ННЦ ХФТІ потужного імітаційно-опромінювального центру для тестування перспективних реакторних матеріалів. Кооперація з Росією, Канадою, США в цій царині.

— Розробку перспективних паливних циклів: “допалювання” ВЯП від ВВЕР; “випалювання” шкідливих ізотопів; створення торієвого циклу в рамках міжнародної співпраці.

Технології РСР є вельми перспективними як для виробництва електроенергії, так і для глибокого випалювання небажаних ізотопів. В ННЦ ХФТІ проведено ґрунтовні розробки та дослідження перспективних конструкційних матеріалів для РСР. В цілому ж розробка технологій РСР у світі перебуває на початковій стадії і може стати конкурентоздатною в подальшій перспективі.

Для здійснення ефективного керівництва і забезпечення розбудови ядерної енергетики в Україні слід створити Комітет ядерної енергетики й атомної промисловості (назва умовна), який визначатиме довготермінове планування в цій царині та буде відповідальним за виконання програм. Слід уникнути кардинальних змін Комітету при перебудовах владних структур.



#### Література

1. Патон Б.Є., Бакай О.С., Бар'яхтар В.Г., Неклюдов І.М. Про стратегію розвитку ядерної енергетики в Україні, Національна академія наук України, (2008).
2. Розпорядження КМУ “Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2030 року”, N 145-р, Київ, (2006).