

## ПРО ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРОГРАМИ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ І ПРИКЛАДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЯДЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯДЕРНИХ І РАДІАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ ЕКОНОМІКИ



Ядерна енергетика є важливою складовою загального паливно-енергетичного комплексу держави. Питома вага її сягає 50 % вироблюваної електроенергії для потреб різних галузей економіки України. На сьогодні 15 ядерних енергоблоків на чотирьох АЕС значною мірою забезпечують енергетичну незалежність країни, що дає змогу зменшити негативний вплив світової фінансової кризи на національну економіку.

Розробку та реалізацію Державної програми фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки на 2004–2010 рр. (далі – Програма) зумовила необхідність комплексного вирішення проблем науково-технічного супроводу безаварійного функціонування високотехнологічного атомно-енергетичного комплексу України. Програму розроблено Національною академією наук України та затверджено постановою Кабінету Міністрів України № 1165 від 8 вересня 2004 року на виконання рішення Ради національної безпеки і оборони України від 22 грудня 2003 р. «Про Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"», введеного в дію Указом Президента України № 197 від 17 лютого 2004 року. Термін виконання Програми – 2004–2010 рр.

Мета Програми полягає в здійсненні фундаментальних і прикладних досліджень з про-

блем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій для потреб атомної енергетики, інших галузей та їх перспективного розвитку.

Найважливіші науково-технічні проблеми, на розв'язання яких була спрямована Програма, такі:

обґрунтування подовження ресурсу і безпеки роботи основного обладнання АЕС, його модернізація та розробка методологічних основ виведення енергоблоків з експлуатації;

розвиток сировинної бази ядерної енергетики; технологічні основи виготовлення ядерного палива з матеріалів, які видобуваються на території України;

наукова підтримка будівництва та функціонування заводу по фабрикації ядерного палива; розробка нових радіаційностійких конструкційних і функціональних матеріалів для потреб атомної галузі;

дослідження і розробка ядерно-енергетичних установок четвертого покоління з високою ефективністю та гарантованою керованістю, а також перспективних паливних циклів;

створення методик і технологій переробки активних відходів атомно-промислового комплексу, а також імобілізації високоактивних відходів для довгострокового зберігання і захоронення;

розробка науково-технологічних рішень щодо будівництва у Чорнобильській зоні сховища для довгострокового зберігання відпрацьо-

ваного ядерного палива і високоактивних радіаційних відходів;

вдосконалення систем моніторингу та контролю щодо впливу підприємств ядерно-паливного циклу на довкілля;

створення та впровадження новітніх радіаційних технологій для промисловості, охорони довкілля, матеріалознавства, сільського господарства, медицини, діагностики матеріалів та технологічних процесів;

одержання та використання короткоживучих радіоактивних ізотопів для потреб медицини і сільського господарства;

удосконалення технологій фізичного захисту ядерних матеріалів, ядерних установок, радіоактивних відходів, джерел іонізуючого випромінювання.

Програма стала важливим інструментом для координації та підтримки наукових досліджень з вищезазначених напрямів. За 7 років виконання Програми понад 40 наукових установ НАН України, вищих навчальних закладів та організацій інших міністерств на конкурсних засадах виконали 283 науково-технічні роботи, спрямовані на вирішення основних проблем ядерної енергетики.

У рамках реалізації Програми одержано ряд важливих наукових і науково-технічних результатів, зокрема:

*1) з підвищення безпеки експлуатації діючих атомних електростанцій:*

виконано аналіз напружено-деформованого стану п'яти корпусів реакторів ВВЕР-1000, 24-х парогенераторів (зварний шов № 111) і понад 1200 зварних швів трубопроводів турбінного відділення 4-х енергоблоків Запорізької та Південно-Української АЕС;

встановлено основні причини руйнування трубопроводів обв'язки, запропоновано експресну методику їхнього контролю за допомогою магнітних методів і програми обробки результатів напружено-деформованого стану металу, яка дала можливість у кілька разів скоротити час на моніторинг властивостей трубопроводів обв'язки. На енергоблоках зазначених АЕС

проведено масовий контроль стану трубопроводів, у тому числі трубок парогенераторів, надані рекомендації з подальшої експлуатації і додаткового контролю процесу функціонування трубопроводів та глушіння трубок. Це дозволило знизити кількість позапланових зупинок енергоблоків;

на Південно-Українській АЕС впроваджено в робочий процес контролю стану теплообмінних труб парогенераторів «Атлас експлуатаційних дефектів» та створено на його основі «Методологічні таблиці відповідності даних»;

створено надчутливий квантовий магнітометр для ранньої діагностики радіаційних пошкоджень конструкційних матеріалів; інфрачервоний та мікрохвильовий радіометр для контролю стану обладнання АЕС;

*2) з подовження ресурсу експлуатації корпусів та основного обладнання реакторів:*

розроблено нову програму контролю властивостей металу корпусу реактора енергоблоку № 1 Хмельницької АЕС за зразками-свідками, яка є достатньою для супроводу блока до кінця проектного терміну служби (40 років), а також при подовженні терміну експлуатації до 60 років і більше;

*3) зі створення елементів ядерного паливного циклу в Україні:*

створено технології виробництва труб для тепловидільних елементів (твелів) зі сплаву Zr – 1 % Nb. Прийнято рішення про застосування цієї технології для виробництва твелів. Продовжується розробка технології виробництва магнієтермічного цирконію, а також виготовлення перспективних поглинаючих матеріалів і елементів, які вже використовуються на Запорізькій АЕС;

організується дослідно-промислова ділянка для виготовлення тепловидільних і поглинаючих елементів з підвищеною надійністю і ресурсоздатністю; експериментальні стенди на основі потужних прискорювачів заряджених частинок для радіаційного матеріалознавства;

*4) з розробки нових конструкційних і функціональних матеріалів для ядерних установок:*

створено вуглець-вуглецеві композити з високою радіаційною та термічною стійкістю;

розроблено нові металогідридні матеріали на основі титану як нейтронопоглинаючі елементи у контейнерах для відпрацьованого ядерного палива;

одержано гафній ядерної чистоти з метою використання як поглинач нейтронів у поглинаючих елементах;

розроблено технологію нанесення зносостійких покриттів турбінних лопаток, що працюють у вологопаровій атмосфері під високим тиском та температурою понад 300 °С;

одержано сплави на основі малолегованого хрому системи Cr–V і високолегованого (40–60 % Fe – 5 % Al) хрому та дисперснозміцнені феритні сталі для реакторів на швидких нейтронах;

створено радіаційно-, хімічно- та термічно-стійкі сполуки для захисних оболонок радіоактивних відходів та електричних кабелів систем регулювання АЕС;

5) *зі створення нового екологічно безпечного ядерно-фізичного устаткування та нових джерел енергії:*

створено унікальний комплекс для дослідження множинних виходів фотоядерних реакцій, що дає змогу реалізувати методику виміру перерізів фотоядерних реакцій у діапазоні енергій  $\gamma$ -квантів 35–100 MeV;

дано обґрунтування нового типу ядерної енергетичної установки — високотемпературного газохолоджуваного реактора (ВТГР), який має підвищену ефективність використання уранового палива (ККД до 50 %) і може виробляти як електроенергію, так і високопотенційне тепло, а також обґрунтовано можливість створення на основі ВТГР ядерно-технологічних комплексів для виробництва синтетичного вуглець-водневого палива з вугілля та водню;

проведено фізичний запуск стеларатора-торсатрона «Ураган-2М» з метою отримання та вивчення плазмових джерел енергії та синтезу легких ядер.

Отримано такі результати технологічного спрямування:

експресні методи за допомогою прискорювачів заряджених частинок, які дозволяють прогнозувати деградації фізико-механічних властивостей матеріалів реакторобудування при опроміненні;

технології одержання чистих металів: Zr (чистотою 99,95 %), Hf (чистотою 99,95 %), Nb, Ta; на їх основі створено нові конструкційні матеріали, в т. ч. з субмікроструктурною і нанокристалічною структурою, для діючих і майбутніх ядерно-енергетичних установок, що дасть можливість виготовляти вироби різної форми з однорідною структурою та високими механічними властивостями. Ці технології впроваджені в Науково-дослідному інституті атомних реакторів (м. Дімітровград, Росія);

процеси газотрифторидної переробки та дезактивації паливовміщуючих мас об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС;

методику визначення напружено-деформованого стану корпусів та обладнання реакторів ВВЕР-1000 АЕС України після тривалої експлуатації, які впроваджені на 5-и блоках Запорізької та Південно-Української АЕС;

технологію отримання різної дисперсності порошків з титано-цирконієвої сировини після очищення їх від мікродомішок;

обладнання для електрохімічних досліджень конструкційних матеріалів ядерної енергетики та прогнозування їх руйнування при підвищених температурах і тисках теплоносія;

лазерну тераваттну установку для отримання нейтронних, рентгенівських та  $\gamma$ -імпульсів фемтосекундної тривалості (30–50 фс);

ділянку для обробки мішеней, опромінених на прискорювачах електронів, та проведення досліджень, спрямованих на розробку технологій одержання радіоізотопів;

базовий апарат для орбітального зварювання трубопроводів діаметром 57–76 мм; багатомоторний апарат для орбітального зварювання неповоротних стиків труб діаметром до 426 мм, які дозволяють суттєво підвищити якість зварних швів;

радіаційно- і пожежостійке устаткування для діагностики та оцінки технічного стану основного обладнання на АЕС;

поглинаючі елементи, які забезпечують використання поглиначів, виготовлених як у вигляді таблеток, так і стрижнів, що мають підвищений рівень вигорання.

Разом з тим фактичний рівень фінансування Програми склав близько 52 % від передбаченого обсягу. Серед найважливіших робіт, які не вдалося завершити через недостатнє фінансування, слід зазначити такі:

не розроблено промисловий процес виготовлення трубних заготовок з цирконієвого сплаву з власної сировини за магнієтермічною технологією;

не закінчено науково-дослідні роботи зі створення нових матеріалів для поглинаючих елементів та відповідних технологій, які дозволили б побудувати промислову ділянку з випуску поглинаючих елементів на ВП «Атоменергомаш»;

не виконані науково-дослідні роботи з переробки радіоактивних відходів;

не завершено роботи зі створення проекту джерела нейтронів, який засновано на підкритичній збірці, керованій прискорювачем електронів, для досліджень безпечних ядерних систем майбутнього;

не здійснено фізичний запуск джерела рентгенівського випромінювання на основі ефекту зворотного рентгенівського розсіювання;

не одержано високі параметри щільності плазми на торсатроні «Ураган-2М» для розвитку досліджень в галузі керованого термоядерного синтезу;

не проведені всі заплановані роботи з науково-технічного забезпечення подовження терміну експлуатації корпусів реакторів та основного обладнання ядерних енергоблоків українських АЕС;

не вирішена низка завдань з модернізації систем контролю і моніторингу впливу підприємств, які належать до ядерного паливного циклу, на навколишнє природне середовище, а також з удосконалення систем фізичного захисту ядерних установок, джерел іонізуючого випромінювання та ядерних матеріалів;

не створено на основі циклотрона CV-28 багатопільовий прискорювальний комплекс для досліджень радіаційної стійкості матеріалів ядерної енергетики, розвитку радіаційних технологій та виробництва медичних ізотопів.

Хід виконання Програми розглядався на засіданні Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України 16 лютого 2010 р. У рішенні цієї комісії відзначалися наростання науково-технічного відставання України від розвинених країн і наявність проблем підтримання у належному технічному стані ядерних об'єктів на території України. Було зазначено, що недофінансування Програми не дозволило виконати низку запланованих заходів у встановлені терміни, очікувані результати у повному обсязі не були досягнуті.

Постановою Президії НАН України № 319 від 17.11.10 на підставі заключного звіту про виконання Програми було відзначено, що проведені дослідження та розробки дали можливість отримати вагомні результати, які сприяли реалізації пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки на період до 2020 року — «Енергетика та енергоефективність», «Нові речовини і матеріали», а також основних наукових напрямів та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі «Ядерна фізика та енергетика».

Зважаючи на актуальність і перспективність отриманих наукових результатів за Програмою та враховуючи пропозиції Секції фізико-технічних і математичних наук НАН України, відповідних відділень і наукових рад, Президія НАН України започаткувала у 2011 р. Цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій в галузях економіки» на 2011–2012 рр.

І.М. НЕКЛЮДОВ  
науковий керівник Державної програми фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки