

сотрудничество с Украиной на данном направлении. Отмечено усиление роли НАТО в противодействии угрозам терроризма и ядерному распространению, приведены некоторые предложения относительно сотрудничества с Альянсом и усовершенствования выполнения Украиной своих обязательств в этой сфере.

**Ключевые слова:** ядерный терроризм, ядерное нераспространение, деятельность НАТО, сотрудничества Украины с Альянсом.

## **ACTIVITY NATO TO DECREASE THE THREAT OF NUCLEAR TERRORISM AND DISTRIBUTION IN THE CONTEXT OF NUCLEAR COOPERATION WITH UKRAINE**

**V.Voronenko, Y.Skaletskyy M, V.Torbin**

**Resume.** *In the article the considered activity of NATO is in relation to the decline of level of threats of nuclear terrorism and nuclear distribution, collaboration is considered with Ukraine on this direction. Strengthening of role is marked NATO in counteraction to the threats of terrorism and nuclear distribution, some suggestions are resulted in relation to collaboration with Alliance and improvement of implementation of the obligations Ukraine in this sphere.*

**Keywords:** nuclear terrorism, nuclear non-proliferation, activity of NATO, collaboration of Ukraine with Alliance.

УДК 613.648.4

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ НА ТЛІ ПОДАЛЬШОГО ЗАГОСТРЕННЯ СИТУАЦІЇ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ РЕЖИМУ НЕРОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЯДЕРНОЇ ЗБРОЇ ТА БОРОТЬБИ З МІЖНАРОДНИМ ЯДЕРНИМ ТЕРОРИЗМОМ**

<sup>1</sup>Вороненко В.В., <sup>2</sup>Скалецький Ю.М., <sup>3</sup>Торбін В.Ф.

<sup>1</sup>Міністерство охорони здоров'я України

<sup>2</sup>Національний інститут стратегічних досліджень

<sup>3</sup>Українська військово-медична академія

**Резюме.** У статті розглянуті деякі технічні підходи до нерозповсюдження ядерної зброї і протидії загрозам ядерного тероризму та окремі технічні підходи щодо попередження розповсюдження ядерної зброї (застосування реакторів малої потужності з великою тривалістю кампанії, торієвий паливний цикл тощо).

Проаналізована проблема урахування міжнародного контексту розвитку національної ядерної енергетики, окреслені можливі варіанти розвитку ядерної енергетики з точки зору проблем ядерного нерозповсюдження та забезпечення фізичної ядерної безпеки.

**Ключові слова:** ядерна енергетика, ядерні реактори, паливний цикл, нерозповсюдження ядерних матеріалів і фізичний захист, міжнародний ядерний тероризм.

**Вступ.** Україна є членом міжнародного співтовариства і прагне інтегруватися до європейських та євроатлантичних структур безпеки. Тому так важливо узгоджувати плани розвитку ядерної енергетики нашої країни зі світовими тенденціями та процесами у сфері безпеки, оскільки, як відомо, ядерні технології мають подвійну природу і можуть використовуватися як для мирних, так і для військових цілей, внаслідок чого плани розвитку ядерної енергетики у тій чи іншій країні викликають прискіпливу увагу інших країн та міжнародних організацій. У цій статті буде проаналізовано деякі перспективи розвитку ядерної енергетики України як з точки зору технічних можливостей

запобігання ядерному розповсюдженню, так і можливої реакції міжнародного співтовариства.

**Матеріали та методи дослідження.** У роботі використано аналітичний метод та метод системного підходу. Матеріалом дослідження слугували наукові публікації [12] за період від 1986 року і до 2007 р.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Сучасні технології у ядерній енергетиці мають можливості подвійного застосування, і одночасно з масштабним розвитком ядерної енергетики суттєво зростає загроза поширення зброї масового знищення [1].

У зв'язку з цим великі надії покладаються на досягнення технічного прогресу. МАГАТЕ закликає підтримувати науково-дослідні й дослідно-конструкторські роботи (НДДКР) зі створення паливного циклу, що перешкоджає поширенню ядерної зброї. Необхідно також сприяти впровадженню технологічних інновацій у сферу поводження з відходами, утилізації відходів і в інших технологічних сферах [2].

У випадку реалізації політики прямого захоронення відпрацьованого ядерного палива АЕС у могильниках за рахунок фізичних процесів у ньому буде відбуватися процес подальшого нагромадження плутонію, а також неплутонію й америцію.

Альтернативний варіант полягає в спалюванні цих нуклідів у ядерних реакторах. Проведені дослідження показали, що весь плутоній може бути спалений шляхом багаторазового рециркулювання палива в реакторах типу ВВЕР(LWR) і в призначених для цього реакторах на швидких нейтронах [3]. Протягом кількох останніх років було розпочато низку міжнародних ініціатив, у рамках яких розглядалися середньо і довгострокові перспективи розвитку ядерної енергетики, у тому числі в аспекті нерозповсюдження. Серед таких ініціатив можна назвати проект «Міжнародний форум “Покоління IV”» (GIF), ініціатором якого виступили США, Міжнародний проект МАГАТЕ з удосконалених ядерних реакторів і паливних циклах (INPRO) і «Європейська мережа “Мікеланджело” зі забезпечення конкурентоспроможності і стійкості ядерної енергетики в ЄС» (Міканет).

Було проведено також два великих дослідження – “Розробка удосконалених ядерних реакторів: можливості міжнародного співробітництва”, організоване МАГАТЕ разом із Міжнародним енергетичним агентством (МЕА) ОЕСР і Агентством з ядерної енергії (АЯЕ) ОЕСР, і “Майбутнє ядерної енергетики” – міждисциплінарне дослідження Масачусетського технологічного інституту (MITI).

Ці ініціативи багато в чому схожі, оскільки усі вони націлені на розробку удосконалених ядерних систем, включаючи реактори і паливні цикли. Хоч імпульсом для їх реалізації послужили однакові поточні потреби країн, вони мають певні розходження, наприклад, у тому, яка увага в них приділяється ядерному паливному циклу. Два проекти – GIF і INPRO – це ті ініціативи, що можуть послужити розвиткові міжнародного співробітництва у цьому напрямі.

GIF є ініціативою США. У 1997 р. Комітет радників з науки і технологій при Президентові США розробив програму заходів, спрямованих на вирішення завдань у галузі енергетики й охорони навколишнього середовища в наступному сторіччі. Проект GIF спрямований на здійснення спільних

розробок і демонстрацію однієї або декількох ядерних енергетичних систем покоління IV, що могли б забезпечити високий рівень економічної ефективності, безпеки, надійності і стійкості. Уведення таких енергетичних систем у комерційну експлуатацію можливо до 2030 року.

Ядерні енергетичні системи покоління IV мають відповідати таким вимогам:

а) стійкість: забезпечення чистоти повітряного середовища, довгострокової працездатності систем і ефективного використання палива для виробництва енергії у світових масштабах; зведення до мінімуму утворення ядерних відходів і забезпечення належного поводження з ними, а також скорочення строків їх зберігання;

б) економічна ефективність: забезпечення більш низьких витрат протягом строку служби порівняно з іншими енергетичними системами і рівня фінансових ризиків порівняно з ризиками інших енергетичних проєктів;

в) безпека і надійність: забезпечення більш високого рівня безпеки і надійності порівняно з іншими системами; зведення до мінімуму імовірності і ступеня ушкодження активної зони; виключення необхідності зовнішнього втручання у випадку надзвичайної ситуації;

г) стійкість у плані нерозповсюдження і фізичного захисту: характеристики, що утрудняють або перешкоджають витоку або розкраданню матеріалів, придатних для використання у виготовленні зброї, а також забезпечення підвищеного фізичного захисту від терористичних актів.

За результатами досліджень у рамках проєкту GIF було визначено чотири типи ядерного паливного циклу: відкритий, з частковим повторним використанням плутонію, з повним повторним використанням плутонію і з повним повторним використанням трансуранових елементів.

Передбачається, що ці паливні цикли будуть застосовуватися як мінімум до кінця сторіччя відповідно до прогнозів щодо попиту на енергію, підготовлених Світовою енергетичною радою і Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу.

Як показав досвід, відкритий цикл вимагає найбільшої кількості урану як вихідного матеріалу, що спричиняє утворення відходів у вигляді відпрацьованого палива. Замкнуті паливні цикли дозволяють розділяти ядерні відходи на частини і забезпечити найбільш ефективне поводження з кожною із них. Передові стратегії поводження з відходами включають такі методи, як трансмутація певних нуклідів, економічно рентабельне використання теплоти, що виділяється при радіоактивному розпаді, гнучке проміжне зберігання і підготовка відходів для захоронення в специфічному геологічному середовищі. Такі системи також дозволяють розраховувати на скорочення, принаймні на порядок, ступеня радіотоксичності відходів, призначених для геологічного захоронення, оскільки передбачають повторне використання більшості довгоживучих радіоактивних елементів.

У вересні 2002 р. підкомітет NERAC з планування розробок технологій покоління IV підготував “технологічний план дій” стосовно ядерних енергетичних систем покоління IV. Для подальших спільних досліджень і розробок було відібрано шість інноваційних концепцій реакторних технологій і відповідних технологій паливного циклу. Ці концепції включають:

*газоохолоджуваний реактор на швидких нейтронах (GFR)* – реактор на швидких нейтронах з гелієвим охолодженням і з замкнутим паливним циклом; *високотемпературний реактор (VHTR)* – реактор із графітовим сповільнювачем і гелієвим охолодженням, що має відкритий урановий паливний цикл; *надкритичний водоохолоджуваний реактор (SCWR)* – високотемпературний реактор, охолоджуваний водою під високим тиском, з режимом роботи вище термодинамічної критичної точки води; *реактор на швидких нейтронах, охолоджуваний рідким натрієм (SFR)* із замкнутим паливним циклом, що забезпечує ефективне поводження з актиноїдами і конверсію накопичуваного урану; *реактор на швидких нейтронах, охолоджуваний свинцевим сплавом (LFR)* у вигляді свинцево-вісмутового евтектичного рідкого металевого сплаву, із замкнутим паливним циклом, що забезпечує ефективну конверсію відтворюючого урану і належне поводження з актиноїдами; *реактор на розплавлених солях (MSR)* – виробляє енергію розподілу в циркулюючій паливній суміші розплавлених солей з використанням реактора на надтеплових нейтронах і повному паливному циклі з рециклом актиноїдів.

Відносні переваги цих концепцій полягають у скороченні капітальних витрат, підвищенні ядерної безпеки, мінімальному виробництві ядерних відходів і подальшому зниженні ризику розповсюдження матеріалів збройового класу. Різні реактори також можуть з'єднуватися у симбіозних паливних циклах, що може сприяти утилізації актиноїдів.

У проєкті GIF (покоління IV) беруть участь: Аргентина, Бразилія, Канада, Республіка Корея, Великобританія, США, Франція, Швейцарія, Південно-Африканська Республіка, Японія; Організації члени: Форатом, Європейська комісія. У 2006р. до проєкту ГІФ приєдналася Росія.

Проєкт INPRO був розпочатий у 2000 році державами – членами МАГАТЕ, що прийняли резолюцію, спрямовану на підтримку використання ядерної енергії як стійкого ресурсу, здатного задовольняти енергетичні потреби ХХІ століття.

Мета проєкту – співробітництво всіх заінтересованих держав – членів МАГАТЕ щодо спільного розгляду міжнародних і національних заходів, яких необхідно вжити з метою розробки інноваційних проєктів ядерних реакторів і паливних циклів. У таких проєктах має використовуватися надійна й економічно конкурентоспроможна технологія, заснована (наскільки це можливо) на системах з компонентами внутрішньої безпеки, мінімізуючими ризик розповсюдження і негативного впливу на довкілля.

У сфері вивчення INPRO – ядерні реактори й установки паливного циклу, що, як очікується, будуть введені в дію в майбутньому. Проведення досліджень у рамках INPRO буде продовжуватися, як передбачається, протягом 50 років, але це не означає, що досліджувані технології будуть упроваджені за цей період. Тому в цей час будуть співіснувати технології різних поколінь – діючі, еволюційні та інноваційні.

У 2001–2003 роках у ході фази 1А проєкту INPRO було розроблено низку вимог до інноваційних ядерних технологій, що включають основні принципи (ОП), вимоги користувачів (ВК) і критерії та призначені для порівняння різних концепцій і підходів стосовно ключових питань, що обговорювались у зв'язку з

майбутньою роллю ядерної енергії, – економічної конкурентоспроможності, безпеки, поводження з відходами, розповсюдження, фізичного захисту і стійкості. На цьому етапі не тільки було вироблено технологічні вимоги, але й запропоновано рекомендації з адміністративних і правових питань, а також із питань інфраструктури, головним чином у контексті процесу глобалізації. Фазу 1А було довершено в червні 2003 р., її результатом стала розробка методології і керівних принципів з оцінки різних концепцій і підходів.

Робота в рамках фази 1В, що розпочалася в липні 2003 р., передбачає оцінку методології INPRO, для чого буде проведено цільові дослідження і розглянуто інноваційні ядерно-енергетичні технології, надані державами-членами. Цей розгляд буде проводитися членами INPRO на основі ОП, ВК, критеріїв і методологій, розроблених у ході фази 1А. Буде також здійснено попередній збір інформації з удосконалених реакторів і паливних циклів. Шість держав – членів INPRO запропонували провести національні цільові дослідження, що передбачають застосування методології INPRO до відібраних національних інноваційних ядерно-енергетичних систем (ІАЕС): Аргентина: система CAREM-X, що включає реактор CAREM і процес збагачення палива SIGMA; Індія: реактор APHWR і паливний цикл, що включає трансмутацію відходів за допомогою реактора-розмножувача на швидких нейтронах (FBR) і системи, що ініціюються прискорювачем (ADS); Республіка Корея: технологія паливного циклу DUPIC; Російська Федерація: реактори БН-800 на нитридному паливі і з відповідним паливним циклом у рівноважному стані; Китай: високотемпературний реактор із застосуванням з кульових ТВЕЛів; Чеська Республіка: реактор на розплавлених солях (концепція, обрана Міжнародним форумом “Покоління IV” – ГІФ).

Крім того, щоб забезпечити всю можливу повноту перевірки методології, кілька груп незалежних експертів проводять цільові дослідження технологій, не охоплених національними дослідженнями.

На підставі результатів національних і декількох цільових досліджень та їх розгляду на засіданні Керівного комітету INPRO буде проведено перевірку інноваційних концепцій ядерних реакторів і паливних циклів на предмет щодо відповідності обраним вимогам і критеріям.

Завжди INPRO одержував політичну, фінансову і технічну підтримку від держав – членів МАГАТЕ, а з 2004 р. його фінансування частково включено у власний бюджет МАГАТЕ.

У проєкті INPRO беруть участь: Аргентина, Болгарія, Бразилія, Німеччина, Індія, Індонезія, Іспанія, Канада, Китай, Нідерланди, Пакистан, Республіка Корея, Росія, Туреччина, Франція, Чеська Республіка, Швейцарія, Південно - Африканська Республіка; Організація-член: Європейська Комісія. На останньому засіданні координаційного комітету проєкту до його складу були прийняті США і Україна [4].

Як видно з викладеного цілі проєктів GIF і INPRO суттєво відрізняються. Так, діяльність у рамках GIF спрямована винятково на задоволення потреб декількох промислово розвинутих країн, у той час як проєкт INPRO передбачає більш поглиблений розгляд проблем ядерної енергетики в цілому з урахуванням специфіки країн і регіонів.

Як очікується, INPRO буде розроблений більш широкий спектр пропозицій з інноваційних технологій реакторів і ядерного паливного циклу, що задовольняв би потреби практично всіх країн, а не тільки тих, що мають розвинуту атомну промисловість.

INPRO веде також пошук шляхів вирішення проблем, що виходять за межі технологічних вимог, зокрема, досліджуються потенційні переваги міжнародного співробітництва у створенні необхідної інфраструктури для окремих країн і можливості удосконалювання правових та інституціональних структур. INPRO готовий розглядати потреби країн, що розвиваються.

GIF обмежується розглядом окремих систем ядерної енергетики і пов'язаних з ними паливних циклів.

У INPRO вважають, що необхідно використовувати комбінації таких систем у комплексі з різними сценаріями розвитку ядерної енергетики на національному, регіональному і глобальному рівнях.

Членами GIF в основному є постачальники технологій, тому в рамках цього проекту розглядаються дуже складні технологічні системи.

INPRO, навпаки, бачить як майбутній ринок для ядерної енергетики Азію, включаючи країни, що розвиваються, яким потрібні більш прості, але надійні системи. INPRO, до складу якого входять члени з числа країн, що розвиваються, забезпечує краще розуміння їх проблем і вимог [5].

Іншим аспектом необхідності попередження розповсюдження ядерної зброї є реалізація міжнародних договорів про скорочення ядерних озброєнь, що призводить до вивільнення десятків тонн збройового плутонію. Поводження з цим плутонієм теж складна проблема, як для Росії, так і для США, і потребує великих коштів. Мова йде про долю 50 тонн російського збройового плутонію. Крім того, в Росії є й енергетичний плутоній (а це ще 80 тонн), що перебуває як у виділеній формі (30 тонн на ВО "Маяк"), так і у зв'язаній формі - у відпрацьованому ядерному паливі реакторів ВВЕР-1000 і РБМК [6]. Аналогічна проблема і з 500 тонами Російського збройового урану.

Для того, щоб ядерне роззброєння стало незворотнім, необхідно перевести плутоній у таку форму, у якій він буде непридатний для виготовлення атомної бомби. Експерти й громадськість різних країн розглядали різні доступні на даний момент способи знешкодження "надлишкового" збройового плутонію, які змогли б забезпечити безпеку й відповідати цілям Договору про нерозповсюдження ядерної зброї. Запропоновано поки два шляхи вирішення цієї складної проблеми: іммобілізація, тобто перетворення плутонію в скловидну або керамічну матрицю у суміші з високоактивними відходами або без них із наступним похованням у глибоких геологічних формаціях; спалювання плутонію у легководних реакторах і/або в реакторах на швидких нейтронах атомних станцій у вигляді змішаного уран-плутонієвого палива - Мокс-палива. Виготовлення такого палива для вже існуючих проектів промислових ядерних енергетичних установок в окремих країнах уже розпочато, а в інших іде підготовча робота [7].

Як варіант вирішення цієї проблеми у майбутньому розглядається торієвий паливний цикл [8,9].

У зв'язку з тим, що реакторний плутоній може бути використаний у виробництві ядерних зарядів, а також із небезпекою його неконтрольованого

розповсюдження було проведено низку досліджень «денатурування» реакторного плутонію за рахунок збільшення вмісту ізотопу Pu-238 шляхом переходу на спеціально адаптований паливний цикл.

Принцип денатуралізації полягає у високому тепловиділенні в ізотопу Pu-238 у процесі альфа-розпаду - 570 Вт/кг (у Pu-242 - 70 Вт/кг, тепловиділенням інших ізотопів плутонію можна знехтувати), при якому звичайна вибухова речовина ядерного заряду плавиться і не забезпечує спрацювання ядерного заряду в цілому. При масовій частці ізотопу Pu-238 в межах 6-8% виготовлення ядерного заряду з реакторного плутонію неможливе навіть з використанням останніх технологічних досягнень і розробок [3].

У світлі рішення завдань ядерного нерозповсюдження і протидії загрозам ядерного тероризму також значне місце в процесі розробки проектів атомних станцій може бути відведено інноваційним проектам АЕС малої і середньої потужності.

Особливий інтерес можуть представляти ядерні установки електричною потужністю до 300 Мвт сл. з великою тривалістю кампанії і без потреби перевантаження палива на місці їхнього розміщення. Такі ядерні установки іноді називають реакторами батарейного типу, або реакторами з довгоживучою активною зоною.

Реакторні установки цього типу повинні мати наступні специфічні властивості: здатність працювати без перевантаження палива на станційній площадці протягом тривалого проміжку часу; мінімальні запаси свіжого і відпрацьованого ядерного палива, що зберігаються на площадці поза реакторною будівлею протягом терміну служби реактора; підвищений рівень безпеки, з огляду на прогнозоване широке застосування таких реакторів у світі; утруднений несанкціонований доступ до ядерного палива протягом усього періоду перебування його на площадці і при його транспортуванні; конструктивні заходи зі здійснення режиму гарантій МАГАТЕ тощо.

І додатково для установок, що не потребують перевантаження палива на станційній площадці: заводське виготовлення і завантаження палива, що дозволяють поставляти на станційну площадку активну зону у виді моноблока, захищеного від несанкціонованого доступу до палива; проблеми використання реактора і всіх підприємств паливного циклу для військових цілей, тому що тип палива затруднює виділення з нього ядерного матеріалу збройової якості, а високий рівень радіаційного випромінювання реактора створює додатковий радіаційний бар'єр; розмаїтість можливих майданчиків; спрощення експлуатації і стійкість до помилок персоналу.

За оцінками фахівців проектні розробки можуть бути завершені протягом 5 –10 років. На даний час у державах-членах МАГАТЕ в розробці знаходиться біля 30 проектів інноваційних реакторів малої потужності (у тому числі 11 проектів у Росії), що не потребують перевантаження палива на станційному майданчику. У розробці таких проектів беруть участь: США, Японія, Індія, Бразилія, Індонезія.

Діапазон потужностей реакторних установок такого типу - 0,1-450 Мвт тепл. (0,023-150 Мвт сл.). Тривалість кампанії (без перевантаження палива) - 5-30 років і довше. Велику частку серед проектів інноваційних реакторів малої

потужності займають реактори на швидких нейтронах з рідкометалічним теплоносієм, що значною мірою вирішує питання нерозповсюдження.

У Росії підвищена увага приділяється створенню малих транспортбельних АЕС (плавучих) на базі наявних проектів корабельних ядерних установок (АПЧ і криголами з ядерними установками), які розраховані на безпечну роботу без перевантаження протягом усього терміну роботи – 10-20 років. За заявами російських фахівців перша з таких установок потужністю 75 Мвт має бути введена в експлуатацію у 2011 році.

При цьому може бути реалізована можливість лізингового постачання «продукту» (ядерно-енергетична установка і паливо), а не технології, що є одним зі шляхів вирішення проблемних питань нерозповсюдження [10].

Інтерес до російського проекту з будівництва плаваючих АЕС виявляють Австралія, Китай, Індонезія, країни африканського континенту.

Експериментальний матеріал, накопичений на сьогоднішній день, дозволяє обґрунтовано визначити як одні з найбільш перспективних напрямів - усебічний розвиток робіт з торій-урановими і торій-плутонієвими циклами. У цілому, резюмуючи результати досліджень, можна відзначити низку найважливіших переваг торієвого паливного циклу порівняно з урано-плутонієвим: більш високий коефіцієнт відтворення; більш тривала кампанія реактора (10 років і довше); підвищений рівень безпеки; практично повна відсутність утворення трансуранових елементів; менше отруєння продуктами поділу; можливість утилізації збройового урану і плутонію; створення умов для нерозповсюдження ядерної зброї.

Реактори на торієвому паливному циклі подібні реакторам на швидких нейтронах. У реакторах цього типу природний торій-232 при поглинанні нейтронів перетворюється в ізотоп урану, що ділиться, (уран-233). Цей ізотоп, беручи участь у ланцюговій реакції поділу, виділяє теплоту і надлишкові нейтрони, що перетворюють ще більшу кількість торію в U-233. Така технологія приваблива тим, що, по-перше, дозволяє уникнути виробництва плутонію, по-друге, як паливо використовується досить розповсюджений торій, а, по-третє, ефективність використання палива може бути близька до ефективності реакторів на швидких нейтронах [8,9].

Норвегія на початку квітня 2007 року заявила про плани будівництва двох торієвих АЕС. Їх буде введено в експлуатацію через 10 років. Представляючи плани будівництва АЕС, президент норвезької компанії Thor Energi Алф Бжоерсет повідомив, що в реакторах на торії ніколи не станеться аварія з розплавленням активної зони. Такий реактор виробляє мінімальну кількість ядерних відходів і не може бути використаний для створення ядерної зброї.

Індія також має намір розпочати будівництво удосконаленого торієвого реактора (AHWR-300). Голова Комісії з ядерної енергетики Аніл Какодкар заявив, що будівництво реактора буде завершено протягом 5 років, і його потужність становитиме 300 Мвт. AHWR-300 стане першим реактором у світі, який буде працювати на торієвому паливі і матиме термін роботи, за переконанням Какодкара, 100 років [11].



Таким чином, однією з обов'язкових вимог до перспективних реакторів поряд з економічністю, низькою ймовірністю радіаційної аварії, розглядається також стійкість щодо нерозповсюдження і фізичного захисту.

У контексті викладеного дуже важливим кроком є приєднання України (16 жовтня 2007 року) до Глобального партнерства у ядерній енергетиці (GNEP), до складу якої входять 14 країн (США, Китай, Франція, Росія, Казахстан, Польща та інші) [12]. Метою програми є розширення частки використання ядерної енергетики у загальному енергобалансі світу. Партнерство GNEP засновано на принципі нерозривного зв'язку між енергетикою і безпекою. Модель нового реактора на швидких нейтронах здатного спалювати ВЯП з добавкою актиноїдів, ініціатори GNEP сподіваються створити уже через 10 років. Перспективні ж технології переробки ВЯП без виділення плутонію будуть продемонстровані в найближчі роки.

Деякі організаційні підходи до розбудови національного ядерного паливного циклу, до забезпечення вітчизняних АЕС ядерним паливом знайшли своє відображення у проєкті Стратегія розвитку ядерно-енергетичного комплексу України на період до 2030 року [5].

В Україні досить часто лунають заяви про масштабні плани розвитку ядерної енергетики, зокрема, через значне нарощування кількості енергоблоків на атомних електростанціях. Деякі з політиків вважають, що справжньої енергетичної безпеки (незалежності) можна досягнути через створення власного замкненого ядерного паливного циклу.

При розгляді такого шляху розвитку національної ядерної енергетики предметом обговорення стають різноманітні аспекти проблеми, включаючи фінансування, вплив реалізації планів на національну економіку та навколишнє природне середовище тощо, тоді як проблеми забезпечення фізичної ядерної безпеки та міжнародного режиму нерозповсюдження ядерної зброї, а також ймовірна реакція міжнародного співтовариства (у першу чергу "Групи восьми", МАГАТЕ, ЄС тощо) часом залишаються на периферії обговорення або, взагалі, поза увагою українських політиків. Крім того, при розгляді таких планів виникає необхідність проаналізувати готовність безпекового сектору України забезпечити за умов масштабного збільшення кількості ядерних енергоблоків рівень фізичної ядерної безпеки, адекватний сучасним загрозам.

В цьому плані важливим є те, що, навіть, у теперішній момент міжнародне співтовариство проявляє певну занепокоєність щодо ефективності державної системи фізичного захисту ядерних матеріалів та ядерних установок (якщо, взагалі, можна вважати що така система дійсно створена) в Україні. Конкретними причинами цієї занепокоєності є наявність високозбагаченого урану на ядерних установках України, громіздка та недосконала національна нормативно-правова база фізичного захисту, в якій, зокрема, відсутній такий основоположний елемент державної системи як *проектна загроза ядерним матеріалам та ядерним установкам*, розробка та застосування якої рекомендується МАГАТЕ ще з 1997 року, і на відсутність якого в українському законодавстві вказували міжнародні експерти, які працювали в складі кількох консультативних місій МАГАТЕ з фізичного захисту (IPPAS- місій) у період з 2001 по 2004 роки. Внаслідок відсутності відповідного нормативного забезпечення і проектної загрози в українському законодавстві регулююча

діяльність у сфері фізичного захисту ведеться не ефективно і, в основному, має, так би мовити, "декоративний" характер. Для того, щоб почати реалізацію широкомасштабних планів розвитку ядерної галузі, не викликаючи серйозного занепокоєння з боку міжнародного співтовариства у зв'язку з низьким рівнем фізичної ядерної безпеки, Україна має ліквідувати фундаментальні недоліки у забезпеченні фізичного захисту і створити надійну базу для розвитку ядерної галузі, включаючи забезпечення необхідного рівня фізичної ядерної безпеки та ефективну підтримку нашою державою режиму ядерного нерозповсюдження.

Під цим кутом зору розглянемо можливі варіанти розвитку ядерної енергетики в Україні.

У відповідності до Договору про нерозповсюдження ядерної зброї (ДНЯЗ), стороною якого є Україна, вона має право на розвиток своєї ядерної програми у мирних цілях. Але ситуація навколо ядерних програм Ірану та КНДР, а також попередня історія режиму ядерного нерозповсюдження вимагає від політичного керівництва нашої держави вибирати таку політику в цій царині, яка б не підривала зусилля міжнародного співтовариства щодо розв'язання проблем, спрямованих на недопущення розширення кола країн, що володіють ядерною зброєю. З іншого боку, для України, як держави, яка має значний ресурсний потенціал, включаючи багаті поклади цирконію та урану, розвинуту ядерну промисловість та науку, для того, щоб не опинитися на узбіччі світового прогресу в ядерній сфері та підвищити рівень власної енергетичної безпеки необхідно знайти такі шляхи розвитку ядерної промисловості, які б давали можливість максимально ефективно використовувати наявні переваги та здобутки і не закривали шляхів для подальшого розвитку галузі. Існуюча ситуація, на наш погляд, передбачає, у дуже грубому наближенні, такі можливі шляхи розвитку ядерної енергетики: інтенсивний розвиток ядерної енергетики з акцентом на створенні деяких елементів ядерного паливного циклу, нейтральних з точки зору режиму ядерного нерозповсюдження, а також на заходах щодо забезпечення адекватного рівня фізичної і технологічної ядерної безпеки (*варіант інтенсивного розвитку*); інтенсивний розвиток ядерної галузі з кінцевою метою створення власного замкненого ядерного паливного циклу, а також забезпечення адекватного рівня фізичної і технологічної ядерної безпеки (*варіант найбільш інтенсивного розвитку*); розвиток ядерної енергетики, головним чином, через значне нарощування кількості ядерних енергоблоків та забезпечення адекватного рівня фізичної і технологічної ядерної безпеки (*варіант екстенсивного розвитку*).

Перший варіант (*інтенсивного розвитку*): створює значні можливості для науково-технічних розробок та досліджень у сфері мирного використання ядерної енергії (в т.ч. у рамках так званих багатосторонніх підходів до постачання ядерного палива); передбачає деяку залежність від постачання ядерного палива для українських АЕС, але, загалом, підвищує рівень енергетичної безпеки держави; дозволяє відігравати активну роль у забезпеченні режиму ядерного нерозповсюдження та роззброєння; забезпечує рівень фізичної та технологічної ядерної безпеки, адекватний сучасним викликам; не погіршує шанси нашої держави стати членом європейської та євроатлантичної спільнот.

Другий варіант (*найбільш інтенсивного розвитку*): створює великі можливості для науково-технічних розробок та досліджень у сфері використання ядерної енергії, але, ймовірно, лише у рамках національних програм; визначає позицію країни за межами загального світового процесу забезпечення режиму ядерного нерозповсюдження та, очевидно, робить нашу державу об'єктом санкцій з боку міжнародних організацій та окремих держав; створює умови для реальної енергетичної незалежності держави; забезпечує адекватний рівень фізичної та технологічної ядерної безпеки; серйозно погіршує шанси держави інтегруватися до європейської та євроатлантичної спільнот.

Третій варіант (*екстенсивного розвитку*): створює обмежені можливості для науково-технічного прогресу у ядерній галузі; передбачає участь нашої держави у забезпеченні режиму ядерного нерозповсюдження на рівні, близькому до існуючого; зберігає залежність від постачання ядерного палива із-за кордону; підвищує рівень фізичної та технологічної ядерної безпеки; мало впливає на шанси нашої держави стати членом європейської та євроатлантичної спільнот.

Кожний варіант розвитку потребуватиме величезних капіталовкладень, але, очевидно, що варіант найбільш інтенсивного розвитку за цим параметром буде значно випереджати обидва інші варіанти. Крім того, базуючись на попередній історії режиму ядерного нерозповсюдження, не важко передбачити, що негативний вплив економічного фактору у разі вибору варіанту найбільш інтенсивного розвитку може стати вкрай несприятливим внаслідок ймовірних санкцій (в т.ч. економічних) з боку міжнародних організацій та окремих держав.

Навіть цей короткий аналіз дає можливість зробити висновок, що, враховуючи теперішній стан режиму ядерного нерозповсюдження, міжнародні зусилля, спрямовані на запобігання розповсюдженню ядерної зброї, ряд пропозицій щодо багатосторонніх підходів до забезпечення ядерним паливом країн, які відмовляються створювати власні установки для збагачення урану та переробки відпрацьованого ядерного палива, а також стремління України стати членом авторитетних міжнародних структур, з точки зору проблем ядерного нерозповсюдження та забезпечення ядерної фізичної безпеки, найбільш оптимальним виглядає варіант розвитку національної ядерної енергетики з фокусом на створенні окремих елементів ядерного паливного циклу (як це зафіксовано у прийнятій Урядом Енергетичній стратегії України на період до 2030 року) та максимально можлива участь нашої держави у реалізації багатосторонніх підходів до забезпечення доступу до ядерного палива. При цьому, питання нерозповсюдження, забезпечення рівня фізичної ядерної безпеки, адекватного сучасним загрозам, мають бути включені у контекст планування розвитку ядерної енергетики. Враховуючи міжнародний контекст проблем розвитку національної ядерної програми, на даному етапі було б доцільно підтвердити прихильність України ідеям ядерного нерозповсюдження та роззброєння і вжити заходів щодо припинення неузгоджених висловлювань урядовців та інших офіційних осіб стосовно можливих планів розвитку власного замкненого ядерного паливного циклу.

## Висновки

1. Сучасна ядерна енергетика несе загрозу поширення зброї масового знищення за рахунок подальшого нагромадження плутонію, а також нептунію й америцію.

2. Для знешкодження "надлишкового" збройового плутонію, запропоновано поки два шляхи вирішення цієї складної проблеми: іммобілізація, тобто перетворення плутонію в скловидну або керамічну матрицю у суміші з високоактивними відходами або без них із наступним похованням у глибоких геологічних формаціях; спалювання плутонію у легководних реакторах і/або в реакторах на швидких нейтронах атомних станцій у вигляді змішаного уран-плутонієвого палива. Як варіант вирішення цієї проблеми у майбутньому розглядається торієвий паливний цикл, а також інноваційні проекти АЕС малої і середньої потужності з реакторами з довгоживучою активною зоною.

3. Однією з обов'язкових вимог до перспективних реакторів поряд з економічністю, низькою ймовірністю радіаційної аварії, розглядається також стійкість щодо нерозповсюдження ядерних матеріалів і фізичного захисту ядерних установок.

4. Україна викликає певну занепокоєність у міжнародного співтовариства щодо ефективності державної системи фізичного захисту ядерних матеріалів та ядерних установок. Конкретними причинами цієї занепокоєності є наявність високозбагаченого урану на ядерних установках України, громіздка та недосконала національна нормативно-правова база фізичного захисту, в якій, зокрема, відсутній такий основоположний елемент державної системи як *проектна загроза ядерним матеріалам та ядерним установкам*.

5. Існуюча ситуація, на наш погляд, передбачає, у дуже грубому наближенні, такі можливі шляхи розвитку ядерної енергетики в Україні: інтенсивний розвиток ядерної енергетики з акцентом на створенні деяких елементів ядерного паливного циклу, нейтральних з точки зору режиму ядерного нерозповсюдження, а також на заходах щодо забезпечення адекватного рівня фізичної і технологічної ядерної; інтенсивний розвиток ядерної галузі з кінцевою метою створення власного замкненого ядерного паливного циклу, а також забезпечення адекватного рівня фізичної і технологічної ядерної безпеки; розвиток ядерної енергетики, головним чином, через значне нарощування кількості ядерних енергоблоків та забезпечення адекватного рівня фізичної і технологічної ядерної безпеки.

## Література

1. Захараш М.П., Николаев В.Г., Иванова Н.В. Современные подходы в коррекции посттравматических поражений у военнослужащих - УЛПА// Тез. Междунар. научно-практ. конф.: Медико-биологические последствия Чернобыльской катастрофы 10 лет спустя. Акт. Вопросы военной медицины спецслужб Украины. - К., 1996. - С. 103- 113.

2. Зербіно Д.Д., Гжегоцький М.Р. Екологічні катастрофи у світі та в Україні. – Львів, 2005. – 280 с.

3. К вопросу о лучевых нагрузках на участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, занесенных в Российский государственный медико-дозиметрический регистр / В.А. Питкевич, В.К. Иванов, С.Ю. Чекин,

А.Ф. Цыб // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1996. – Т. 36, Вып. 5. – С. 747-757.

4. Кутков В.А., Муравьев Ю.Б. Дозиметрия внутреннего излучения „горячих” топливных частиц Чернобыльской аварии // Медицинская радиология. – 1994. – Т. 39, № 4. – С. 4-9.

5. Лось И.П. Проблемы радона и необходимость регуляторного вмешательства // Міжнародна конференція, присвячена 7 – мій річниці створення ДКЯР України. – Київ., 6 грудня 2007 р.

6. Загрязнение окружающей среды свинцом при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / О.М. Осин, Л.Ф. Глебова, Г.П. Простакишин, Р.Б. Горшкова // Медицина катастроф. – 1996. – Специальный выпуск. – С. 40-43.

7. Методичні засади розпізнавання патології, індукованої чинниками Чорнобильської катастрофи, для встановлення факту інвалідації / Терещенко В.П., Дегтярьова Л.В., Сегеда Т.П., Піщиков В.А та ін. / За ред. В.П. Терещенко. – К.: Медінформ, 2005. – 160 с.

8. Міжнародна конференція „Двадцять років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє” (24-26 квітня 2006 року, Київ, Україна): збірка тез. – Київ, 2006. – 365 с.

9. Москалев Ю.И., Заликин Г.А. Актуальные проблемы радиобиологии трансплутониевых элементов // Радиохимия. – 1986. – Т. 28, №1. – С. 118-123.

10. Муратов О.Э., Тихонов М.Н. Канцерогенные риски тепловой и атомной энергетики // Проблемы безопасности и чрезвычайные ситуации. – 2004. – №6. – С. 9-21.

11. Наследие Чернобыля: Медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительства Беларуси, Российской Федерации и Украины. — Чернобыльский форум: 2003 — 2005 . Второе, исправл. изд. — IAEA — 58 с.

12. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2004 році. – Київ, 2005. – 227 с.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ НА ФОНЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО ОБОСТРЕНИЯ СИТУАЦИИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ И БОРЬБЫ С МЕЖДУНАРОДНЫМ ЯДЕРНЫМ ТЕРРОРИЗМ**

**Вороненко В.В., Скалецкий Ю.М., Зторбин В.Ф.**

**Резюме.** В статье рассмотрены некоторые технические подходы к нераспространению ядерного оружия и противодействию угрозам ядерного терроризма, а также отдельные технические подходы относительно предупреждения распространения ядерного оружия (применение реакторов малой мощности с большой длительностью кампании, ториевый топливный цикл и тому подобное).

Проанализирована проблема учета международного контекста развития национальной ядерной энергетики, очерчены возможные варианты развития ядерной энергетики с точки зрения проблем ядерного нераспространения и обеспечения физической ядерной безопасности.

**Ключевые слова:** ядерная энергетика, ядерные реакторы, топливный цикл, нераспространение ядерных материалов и физическая защита, международный ядерный терроризм.

# PROSPECTS FOR NUCLEAR POWER IN UKRAINE BACKGROUND OF FURTHER ESCALATION OF THE SITUATION TO ENSURE NON-PROLIFERATION REGIME AND COMBATING INTERNATIONAL NUCLEAR TERRORISM

V.Voronenko, Y.Skaletsky, V.Torbin

**Resume.** In the articles some technical going is considered near non-proliferation and counteraction to the threats of nuclear terrorism, and also separate technical approaches in relation to warning of nuclear proliferation (application of reactors of small-yield with large duration of campaign, thorium fuel cycle and others like that).

The problem of account of international context of development of national nuclear energy is analyses, the possible variants of development of nuclear energy are outlined from point of problems of nuclear non-proliferation and providing of physical nuclear safety.

**Keywords:** nuclear energy, nuclear reactors, fuel cycle, non-proliferation of nuclear materials and physical defence, international nuclear terrorism.

УДК 613.648.4

## АНАЛІЗ МЕТОДИЧНИХ ЗАСАД ТА ПРАКТИКИ ДІЯЛЬНОСТІ МЕДИКО-СОЦІАЛЬНИХ ЕКСПЕРТНИХ КОМІСІЙ ЗІ ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННОГО ЗВ'ЯЗКУ ХВОРОБ З ВПЛИВОМ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ІНШИМИ ШКІДЛИВИМИ ЧИННИКАМИ АВАРІЇ НА ЧАЕС

<sup>1</sup>Вороненко В.В., <sup>2</sup>Скалецький Ю.М., <sup>3</sup>Торбін В.Ф.

<sup>1</sup>Міністерство охорони здоров'я України

<sup>2</sup>Національний інститут стратегічних досліджень

<sup>3</sup>Українська військово-медична академія

**Резюме.** У статті проаналізовано методичні засади та практика діяльності медико-соціальних експертних комісій зі встановлення причинного зв'язку хвороб з впливом іонізуючого випромінювання та іншими шкідливими чинниками аварії на ЧАЕС. Встановлено, що у нормативних документах, що регламентують діяльність експертних комісій існує ряд недоліків: при проведенні експертизи здоров'я ліквідаторів, потерпілого дорослого населення і постраждалих дітей на сьогодні немає чіткої диференційної діагностики захворювань, викликаних шкідливими чинниками аварії на ЧАЕС й іншими факторами. Не існує конкретних характеристик впливу кожного шкідливого фактора аварії на ЧАЕС, у тому числі немає чітких визначень дозових навантажень. А у 70% ліквідаторів дозові навантаження не документовані. У тих же, де вони відновлені ретроспективно, немає гарантій повнооб'ємності. Крім того, сам Перелік захворювань та інструкція із застосування Переліку має ряд невизначеностей. Певні недоліки виявлено і в роботі експертних комісій.

**Ключові слова:** аварія на ЧАЕС, захворюваність постраждалих, медико-соціальна експертиза, зв'язок захворювань із чинниками Чорнобильської катастрофи.

**Вступ.** Для з'ясування причин та обставин виникнення та особливостей перебігу численних хвороб, що призводять до інвалідності і смерті серед осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, в Україні було створено уповноважені медичні експертні комісії (Центральну та регіональні міжвідомчі експертні комісії (далі - міжвідомчі експертні комісії), обласні спеціалізовані лікарсько-консультативні комісії (далі - облспецЛКК), дитячі обласні спеціалізовані лікарсько-консультативні комісії (далі - дитячі