

УДК 339.9:621.039.003:33(075.8)(045)

Біла С. О.

*доктор наук із державного управління, професор,
заслужений економіст України,
професор кафедри міжнародних економічних відносин і бізнесу факультету міжнародних відносин
Національного авіаційного інституту*

Івасик О. В.

*студентка 6 курсу, магістрант
кафедри міжнародних економічних відносин і бізнесу
факультету міжнародних відносин Національного авіаційного інституту*

Bila Svitlana

*Doctor of Public Administration, Professor, Honored Economist of Ukraine,
Professor of International Economic Relations and Business department
Educational and Scientific Institute of International Relations
National Aviation University*

Ivasyk Olga

*Student
International Economic Relations and Business Department
Educational and Scientific Institute of International Relations
National Aviation University*

ПРІОРИТЕТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РОЗВИТКУ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ: СВІТОВИЙ ДОСВІД

Анотація. У статті узагальнено системні ризики, що супроводжують розвиток ядерної енергетики: екологічні, технологічні, ризики для життєдіяльності населення внаслідок техногенних аварій, радіаційних викидів на АЕС; загрози «безпеці майданчику» АЕС. Визначено роль міжнародних організацій (BAO АЕС, WENRA, IAEA, WNA, FORATOM, EUR, МАGATE, Євроатом та ін.) у формуванні світових стандартів та пріоритетів забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики. Представлено ризики розвитку АЕС в Україні та надано стратегічне бачення шляхів їх мінімізації на період до 2035 р. Визначено пріоритети забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики у XXI ст. на основі інноваційних підходів, гарантування технологічної та екологічної безпеки діяльності АЕС; оптимізації капіталовкладень та можливості роботи АЕС на природному урані (без його збагачення), що усуває ризики виробництва ядерної зброї країнами, які мають ядерний технологічний цикл.

Ключові слова: безпека розвитку ядерної енергетики, ризики, небезпека, енергозабезпечення країни, енергетичний баланс, енергетичний ринок, атомна електростанція (АЕС), екологія, інновації, міжнародні організації, пріоритети, стратегія, Україна, ЄС, Канада, США.

Вступ та постановка проблеми. Енергетична безпека країни стає важливим чинником, що впливає на конкурентоспроможність національної економіки в системі глобалізованого світового господарства, є підґрунтям для стійкості національного виробництва щодо хаотичних коливань цінової кон'юнктури на світових ринках енергетичних ресурсів. Без забезпечення енергетичними ресурсами, без стабільного функціонування енергетичного ринку у XXI ст. не слід сподіватися на динамічне економічне зростання та соціально-економічну стабільність в країні. Енергетична безпека є складовою частиною національної та економічної безпеки. На стійкість країни до «енергетичних стресів» звертають увагу потенційні інвестори (як внутрішні, так і іноземні). Основу енергетичного балансу країни формує ринок електроенергії: ТЕС та ТЕЦ, які генерують електроенергію на основі використання вугілля, природного газу та ін. традиційних вуглецевих енергоносіїв; АЕС – атомні електростанції, ядерна енергетика; ГЕС – гідроенергетика, гідроелектростанції; ВЕС – електростанції на відновлюваних джерелах енергії. Особливу роль у системі енергозабезпечення країни має ядерна енергетика, яку визнано однією з найдешевших за собівартістю генерації електроенергії. Натомість у світі наголошують про ризики розвитку ядерної енергетики, які можуть створювати загрози для безпеки життєдіяльності населення внаслідок аварій на кшталт техногенної аварії на Чорнобильській АЕС (1986 р.), аварії внаслідок

землетрусу та цунамі на АЕС «Фукусіма» (2011 р.), які призвели до неконтрольованих радіаційних викидів, несли загрози суспільству. Інші ризики розвитку ядерної енергетики пов'язані з виникненням неконтрольованих зовнішніх впливів на ядерні реактори та безпеку технологічного циклу генерації ядерної енергетики, так звана «безпека майданчику» АЕС. У цьому ракурсі йдеться про ризики настання ґрунтових зсувів на площадках базування АЕС; ризики технологічних порушень у циклі роботи АЕС; про безпеку захоронення, ризики зберігання відпрацьованого ядерного палива, забруднення прилеглих до АЕС водоймищ, ґрунтів та ін. За всю історію існування ядерної енергетики країнами світу напрацьовано корисний досвід щодо забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики. Узагальнення такого досвіду є важливим для світової практики господарювання на енергетичному ринку, а також і для України, в енергетичному балансі електроенергії якої генерація електроенергії на АЕС досягає 53% (2018 р.). Така постановка проблеми свідчить про актуальність, теоретичне та практичне значення тематики цієї статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню окремих питань та складників безпеки розвитку ядерної енергетики присвятили свої роботи такі відомі українські вчені, як, зокрема: С.В. Калтигіна, А.І. Шанчук, Ю.В. Єсипенко, О.В. Печериця. Серед зарубіжних вчених проблематику ядерної безпеки дослідили Джері

М. Катлер, М. Полліков, Б. Брук, С. Бредшов та інші. Статистично-аналітичну базу для підготовки статті створили системні дослідження Світового економічного форуму, Інституту ядерних досліджень, а також офіційні дані Європейського Союзу, Управління енергетичної інформації США, МАГАТЕ, Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, НАЕК «Енергоатом» тощо.

Мета статті полягає в узагальненні світового досвіду щодо визначення пріоритетів забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики, обґрунтуванні пріоритетів впровадження інновацій на АЕС країн-лідерів розвитку ядерної енергетики для мінімізації настання техногенних, екологічних, соціальних та ін. ризиків, для мирного використання атома.

Результати дослідження. В узагальненому вигляді під визначенням «безпека розвитку ядерної енергетики» розуміють дотримання норм, правил, стандартів та умов використання та поводження з ядерним паливом, що гарантує радіаційну безпеку, спроможність реакторної установки та АЕС запобігати настанню техногенної аварії. Перша у світі промислова атомна електростанція потужністю 5 МВт була введена в експлуатацію у СРСР (м. Обнінськ) у 1954 р. Розвинені індустріальні країни у ХХ ст. розпочали проектування та будівництво АЕС з реакторами різних типів, найбільшого поширення серед яких набули: ВВЕР-440 – воднево-водний енергетичний реактор електричною потужністю 440 МВт; ВВЕР-1000 – водно-водневий енергетичний реактор з номінальною електричною потужністю 1000 МВт або ж тепловою потужністю 3000 МВт. До 1964 року сумарна потужність АЕС у світі зросла до 5 млн кВт. Вже до 1968 року в світі працювали на АЕС 365 енергоблоків сумарною встановленою потужністю 253 млн кВт. практично за 20 років потужність АЕС збільшилася у 50 разів [11].

Станом на 2019 рік у 30 країнах світу експлуатуються 449 ядерних реакторів, безпека функціонування яких для світової спільноти має важливе значення [16]. Діяльність АЕС постійно контролюється як національними, так і міжнародними регулюючими органами з метою уникнення ядерних аварій та катастроф. Під неухильним наглядом регуляторів проходять проектування ядерних установок, їх спорудження, введення в експлуатацію, ремонт та технічне обслуговування, модернізація, дозиметричний контроль персоналу, поводження з радіоактивними відходами, а також зняття з експлуатації. Серед найбільш авторитетних міжнародних інституцій, які контролюють та регулюють розвиток ринку ядерної енергетики, стежать за безпекою у цій сфері, є: Міжнародна асоціація ядерних регулюючих органів (МАЯРО), Західноєвропейська асоціація ядерних регуляторів (WENRA), International Atomic Energy Agency (IAEA – МАГАТЕ), Форум регулюючих органів, держави яких експлуатують реактори ВВЕР та ін. [16].

Для розвитку міжнародного режиму ядерної безпеки особливе значення має нормативно-правове забезпечення розвитку ядерної енергетики. Як приклад: у ЄС діє Конвенція / Л / ІРСС «Про оцінку впливу на навколишнє середовище у трансграничному контексті» [8]. У 2015 р. за невиконання ратифікованих Україною положень цієї Конвенції існували ризики припинення кредитування за рахунок коштів СБРР процесів модернізації українських АЕС з їх наступним закриттям. За порушення безпеки експлуатації АЕС свого часу були закриті Чорнобильська АЕС та Ігналінська АЕС. Законодавство України комплексно враховує питання безпеки розвитку ядерної енергетики. В Україні прийняті та діють: «Концепція державного регулювання безпеки та управління ядерною галуззю в Україні» (затверджена Верховною Радою

України 25.01.1994 р.); Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» (від 8.12.1994 р.); Державна Програма «Про національну енергетичну програму України до 2010 р.» (затверджено Верховною Радою від 15.05.1996 р.); Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» (від 27.02.1991 р.) та ін. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. (№ 605-р) було схвалено «Енергетичну стратегію України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [13], положення якої відповідають вимогам та основним пріоритетам «Третього енергетичного пакету» ЄС, приєднання до якого проголосила Україна. У перспективі це забезпечить формування єдиного європейського енергетичного ринку за участі України та, відповідно, вимагає від нашої країни дотримання правил безпеки щодо експлуатації АЕС. Як свідчать дані таблиці 1, роль АЕС у виробництві електроенергії в Україні є надзвичайно вагомою.

Таблиця 1

**Структура виробництва електроенергії:
країни ЄС та Україна
(станом на 2016 р., у відсотках (%))**

Виробництво електроенергії	Країни ЄС	Україна
ТЕС та ТЕЦ	44%	41%
АЕС	27%	52%
ГЕС	11%	6%
Електростанції на відновлюваних джерелах енергії	18%	1%

Джерело: складено за офіційними даними [8; 9]

Кожна країна, яка генерує ядерну енергію та використовує ядерні технології, несе відповідальність за ядерну безпеку на національному та міжнародному рівні. Одним із регуляторів цього процесу є МАГАТЕ. Діяльність Департаменту ядерної безпеки МАГАТЕ спрямована на створення надійної глобальної системи ядерної та фізичної безпеки для захисту людей і навколишнього природного середовища. Ця структура передбачає розроблення і застосування стандартів, керівних принципів і вимог у сфері захисту та безпеки розвитку ядерної енергетики. З МАГАТЕ тісно співпрацює Україна, а також українська державна національна атомна енергогенеруюча компанія: ДП НАЕК «Енергоатом» (діє з 1996 р.), а також ДП «НЕК Укренерго» [12]. Міжнародні організації у співпраці з українськими державними інституціями скеровують процеси модернізації та забезпечення безпеки у діяльності українських АЕС.

В Україні ядерну електроенергію генерують: Хмельницька АЕС – сумарна потужність 2000 МВт.; Рівненська АЕС – 2835 МВт.; Южноукраїнська АЕС – 3000 МВт.; Запорізька АЕС – 6000 МВт. Натомість внаслідок того, що ядерні енергетичні реактори цих АЕС наведені переважно введеними в експлуатацію ще за радянських часів чи у перші роки існування незалежної України ядерними реакторами ВВЕР-440 та ВВЕР-1000, що морально та фізично застарілі, постійно зростають ризики їх експлуатації та супутні ядерні ризики [12].

Серед проблем розвитку ядерної енергетики в Україні експерти відзначають [2]:

– закінчення до 2035 року терміну експлуатації всіх ядерних реакторів українських АЕС, їх виведення з експлуатації та закриття, що приведе до кардинальної зміни

структури енергетичного балансу України та до загального подорожчання вартості електроенергії на внутрішньому ринку. Станом на 2017 р. в Україні було технологічно подовжено експлуатацію діючих ядерних реакторів АЕС на період до 2025 р – 6; до 2030 р. – 1; до 2031 р. – 2; до 2035 р. – 6 ядерних реакторів АЕС відповідно;

– висока вартість будівництва АЕС, відсутність зацікавлених інвесторів для будівництва нових АЕС в Україні (капітальні витрати на будівництво одного ядерного блоку оцінюються у суму від 3,5 млрд дол. США до 5 млрд. дол. США);

– абсолютна залежність українських АЕС від імпорту ядерного палива – ядерних тепловиділяючих елементів (ТВЕЛ), що застосовуються на АЕС для виробництва електроенергії (основними імпортерами ТВЕЛів до України були РФ (Паливна компанія «ТВЕЛ», технічні параметри їх твєлів максимально відповідають радянським стандартам АЕС) та американська компанія «Westinghouse», див. таблицю 2);

– залежність України від зберігання відпрацьованого ядерного палива українських АЕС в інших країнах, переважно – у РФ (станом на 2019 р. у Чорнобильській зоні будують два сховища для відпрацьованого ядерного палива, на Запорізькій АЕС розпочато будівництво ангарного сховища легкого типу, у якому планують зберігати 1300 залізобетонних контейнерів з радіоактивними відходами);

– загострюються ризики настання екологічних проблем у процесі експлуатації АЕС (так, для Рівненської АЕС, яка побудована на карстових породах, виникають ризики утворення «карстових воронок» внаслідок екстремальних атмосферних опадів, вимивання карстових порід під час сезонних паводків);

– відсутність виробничого процесу збагачення урану (Україна володіє 2% від загальних обсягів світових запасів урану, тому могла б самостійно забезпечити потреби національних АЕС у ядерних тепловиділяючих елементах «твєлах») [2] та ін.

Таблиця 2

Динаміка закупівлі тепловиділяючих елементів для українських АЕС (ТВЕЛ, ядерне паливо; млн дол. США)

Рік	«WESTINGHOUS» (США)	«ТВЕЛ» (РФ)
2012	45	555
2013	–	601
2014	39	589
2015	33	611
2016	162	387

Джерело: складено за даними [5; 6; 8]

У 2017 р. американська фірма Westinghouse Electric Company проголосила про банкрутство, однією з причин цього стала збитковість проекту реактора AP1000. Імпорт твєлів до України з 2017 р. здійснює компанія Westinghouse Sweden AB (Швеція). Westinghouse Sweden AB (Швеція) є одним із авторитетних постачальників твєлів у світі для 13 ядерних реакторів типу BWR (які експлуатуються на АЕС в Іспанії, Фінляндії, Швейцарії та Швеції); для 28 ядерних реакторів типу PWR (що експлуатуються у Бельгії, Іспанії, Нідерландах, Чехії, Швейцарії, Швеції); для 24 реакторів типу ВВЕР (які експлуатуються в Україні, Болгарії, Словачії, Фінляндії, а також на 15 енергоблоках АЕС України) [9].

У ХХІ ст. безпека розвитку ядерної енергетики напряму пов'язана з інноваціями, переходом до принципово нових методів генерації ядерної енергії. Серед

30 країн світу, які експлуатують АЕС, лідерами у сфері безпеки ядерної енергетики є Австралія та Канада. Так, Австралія визнає важливість запровадження найвищих рівнів безпеки на всіх етапах ядерного паливного циклу та мирного використання ядерної енергії. Австралійська організація з ядерної науки та технологій координує свою діяльність за допомогою урядової політики забезпечення ядерної безпеки, здійснює міжнародне співробітництво, наприклад, через Глобальну ініціативу щодо боротьби з ядерним тероризмом (GICNT). Ці заходи дозволили Австралії досягти прогресу в ефективності регулювання та прозорості, у безпеці експлуатації та проектування, готовності до надзвичайних ситуацій, захисті та заохоченні мирного використання ядерного палива. Серед пріоритетів діяльності Австралії у сфері забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики – посилити загальну та екологічну ядерну безпеку; сприяти міжнародному співробітництву у сфері інноваційного розвитку мирної ядерної діяльності; забезпечення безпеки виробництва, передачі, використання та утилізації ядерних та ін. радіоактивних матеріалів.

Канада демонструє вагомий прогрес у сфері інноваційного розвитку та забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики. У Канаді розроблено технологію CANDU (ядерний реактор ЕС6 та ядерний реактор АСR-1000). Технологія CANDU ЕС6 комплексно враховує: безпеку; економіку та економічність; досвід експлуатації; безпеку; екологічність ЯТЦ (ядерний технологічний цикл); забезпечує ліцензування та відпрацьовану нормативну базу; пропонує розвинуту інфраструктуру розвитку ядерної енергетики. На світовому ринку Канада конкурує з РФ, яка пропонує новий ядерний реактор ВВЕР-1100. Серед технічних переваг канадського ядерного реактора CANDU ЕС6: максимальний коефіцієнт використання потужностей (до 95%); заощадження капіталовкладень (у 1,3 рази менше, ніж для будівництва ВВЕР-1000); можливість забезпечення роботи АЕС на природному урані (без його попереднього збагачення), що кардинально зменшує витрати та усуває ризики застосування збагаченого урану для виробництва ядерної зброї країнами, що мають ядерний технологічний цикл на своїй території. Слід зазначити, що інноваційні розробки Канади – CANDU ЕС6 можуть бути пристосовані для будівництва АЕС нового покоління в Україні, що має природні родовища урану (зокрема – у Кіровоградській області) і що мінімізує ризики ліквідації національної ядерної енергетики після 2035 р. Технологію CANDU представляє у світі Канадська атомна асоціація – Canadian Nuclear Association (CNA) [14].

У країнах ЄС встановлені доволі серйозні вимоги щодо дотримання правил ядерної безпеки країнами-членами відповідно до Конвенції про ядерну безпеку. Конвенція створює зобов'язання держав-учасниць дотримуватися встановлених правил та стандартів безпеки на всіх цивільних об'єктах, пов'язаних з ядерною енергетикою. До них належать питання вибору місця розташування; проектування та будівництва; перевірка технології функціонування та забезпечення безпеки на АЕС; готовність до надзвичайних ситуацій. У зв'язку із підписанням Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом у 2014 році було активізовано роботу щодо адаптації законодавства України до законодавства ЄС у сфері безпеки використання ядерної енергетики. Основним кроком для переходу України до стандартів ЄС у регулюванні ядерної та радіаційної безпеки стало набуття 26 березня 2015 року Державною інспекцією ядерного регулювання повноправного членства у Західноєвропейській асоціації ядерних регуляторів (Western European Nuclear Regulatory

Association – WENRA). Участь у WENRA дає змогу Україні адаптувати національне законодавство з питань ядерної та радіаційної безпеки відповідно до стандартів ЄС (референтних рівнів WENRA), а також брати участь у їх розробленні та узгодженні [17].

Пріоритети і підходи України до забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики ґрунтуються на міжнародному досвіді та міжнародних вимогах, адже Україна є членом міжнародних організацій ІАЕА (Міжнародного агентства з атомної енергетики – МАГАТЕ), Світової ядерної асоціації, Світової асоціації організацій, що експлуатують атомні станції та ін.); також Україна є стороною міжнародних конвенцій (Віденська конвенція про цивільну відповідальність за шкоду внаслідок ядерної аварії, Конвенція про фізичний захист ядерного матеріалу (Україна також ратифікувала Поправку до неї), Конвенція про раннє повідомлення про ядерну аварію, Конвенція про надання допомоги у випадку ядерної або радіаційної аварії, Конвенція про ядерну безпеку, Конвенція про боротьбу з актами ядерного тероризму) у сфері використання ядерної енергії. Одним із ключових завдань України у сфері безпеки розвитку ядерної енергетики є підтримка Інтегрованої системи управління розвитку ядерної енергетики, яка має конкретні цілі та індикатори щодо їх досягнення (див. таблицю 3).

Підвищення безпеки експлуатації енергоблоків АЕС України відбувається систематично шляхом реалізації відповідних програм із підвищення безпеки, що розробляються на визначений період. З метою забезпечення безпеки розвитку ядерної енергетики, для підвищення ядерної безпеки, забезпечення ефективної та надійної роботи енергетичної галузі, доведення безпеки атомних енергоблоків України до рівня, що відповідає міжнародно визнаним вимогам з ядерної безпеки та охорони довкілля, Україна реалізує Комплексну (зведену) програму підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій України (КзПБ) [15]. Програма діє до 2020 року. Дуже важливими елементами програми є заходи, що були запроваджені у світі після аварії на АЕС «Фукусіма» (2011 р.), коли найбільша увага приділяється аварійному енергозабезпеченню та безпеці для довкілля.

Галузь ядерної енергетики, як і будь-яка інша галузь, задля розвитку та забезпечення безпеки населення та навколишнього середовища потребує нових розробок, висококваліфікованого персоналу та інновацій. Вагомий внесок у розвиток галузі ядерної енергетики робить США. Сполучені Штати Америки розробляють сучасні конструкції реакторів, які характеризуються універсальністю, можуть поєднуватися з відновлюваними джерелами енергії, набагато дешевші в установці та використанні і є безпечнішими, ніж традиційні АЕС. Розвитку ядерної енергетики сприяє Міністерство енергетики США, яке надає інституційну, нормативно-правову, технічну та фінансову

підтримку для розвитку ядерної енергетики у США та забезпечення її безпеки; сприяє міжнародному співробітництву США у цій сфері [15].

Успішним прикладом організації міжнародного співробітництва у сфері розвитку ядерної енергетики є діяльність International Atomic Energy Agency (IAEA) – Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), що було засновано ООН у 1957 р., працює на безпечно і мирне використання ядерних розробок науки і техніки, спираючись на цілі ООН щодо сталого розвитку. ІАЕА (МАГАТЕ) створило міжурядовий форум для науково-технічного співробітництва у ядерній сфері. Форум дає можливість визначити пріоритети, узагальнити інформацію та практичні напрацювання про розвиток інноваційних технологій, які потенційно мають відношення до забезпечення безпечної, надійної та стабільної роботи атомних електростанцій у світі. Держави-члени ІАЕА (МАГАТЕ) можуть скористатися інноваційними рішеннями у розвитку АЕС, а також найкращими напрацюваннями країн світу у сфері забезпечення розвитку ядерної енергетики [16].

Висновки. Енергетична безпека є складовою частиною економічної та національної безпеки країни, підґрунтям для стійкого розвитку, чинником конкурентоспроможності національної економіки в системі глобалізованого світового господарства. Основу енергетичного балансу країни формує ринок електроенергії, до складу якого належить ядерна енергетика – найдешевша за собівартістю генерація, що робить її привабливою з економічних позицій. Натомість у світі наголошують про наявність системних ризиків розвитку ядерної енергетики, які створюють загрози для безпеки життєдіяльності населення внаслідок техногенних аварій та радіаційних викидів, що несе загрози та збитки екології, довкіллю, здоров'ю та життю людини. Другий блок ризиків пов'язаний із виникненням неконтрольованих зовнішніх впливів на ядерні реактори та безпеку технологічного циклу генерації ядерної енергетики, що загрожує «безпеці майданчику», на якому розташовано АЕС. Йдеться про ризики настання ґрунтових зсувів на площадках базування АЕС; ризики технологічних порушень та настання аварійних ситуацій у циклі роботи АЕС; ризики захоронення та зберігання відпрацьованого ядерного палива, забруднення прилеглих до АЕС водоймищ, ґрунтів та ін.

Міжнародні організації, такі як: WENRA, ІАЕА, СНА, Світова ядерна асоціація, Світова асоціація організацій, що експлуатують атомні електростанції та ін. приймають та впроваджують світові стандарти розвитку АЕС (технологічні, екологічні та ін.). Міжнародні організації визначають і пріоритети забезпечення безпеки генерації ядерної енергії, що поєднують: безпеку експлуатації атомних станцій, дослідних реакторів, установок паливного циклу; радіаційний захист населення та навколишнього природного середовища; радіаційну безпеку персоналу,

Таблиця 3

Головні цілі України у галузі безпеки та індикатори їх досягнення (на період до 2025 року)

Цілі (завдання)	Індикатори досягнення
Забезпечити безпечну експлуатацію енергоблоків АЕС	Недопущення аварій у роботі АЕС (кількість аварій має дорівнювати нулю)
Підвищити рівень проектної безпеки АЕС	Постійне зниження оціночного значення критеріїв безпеки (частоти важкого пошкодження активної зони та частоти граничного аварійного викиду радіоактивних речовин у навколишнє природне середовище)
Забезпечити ефективну систему аварійної готовності та реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на АЕС	Запобігання або зменшення радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє середовище у випадку аварії на АЕС, а також надзвичайної ситуації, що нею спричинена

Джерело: складено за офіційними даними [5; 6; 8]

радіологічний захист та безпеку поводження з радіоактивними джерелами; безпеку перевезення радіоактивних матеріалів; безпеку поводження з радіоактивними відходами відпрацьованого ядерного палива на АЕС та їх захоплення, зняття з експлуатації, відновлення забруднених майданчиків та готовність реагування МНС (міністерства надзвичайних ситуацій) країни у разі настання аварійних ситуацій на АЕС.

Україна має розвинутий енергетичний сектор, у якому ядерна енергетика займає понад 53% генерації електроенергії. Водночас українські АЕС використовують застарілі технології, які переважно використовувалися ще за радянських часів. Станом на 2019 р. частково ці питання вирішуються шляхом подовження технологічного циклу роботи українських АЕС, але з 2035 р. всі АЕС на території України мають бути закриті та ліквідовані. Це несе низку системних загроз та ризиків для України, у т.ч. зростання вартості електроенергії, загальне зростання цін та вартості життя, що може призвести до соціально-економічної нестабільності, зниження конкурентоспроможності України на світових ринках якщо не прийняти попереджувальних заходів.

Країни-лідери розвитку ядерної енергетики серед пріоритетів забезпечення безпеки у цій сфері визначають: впровадження інноваційних технологій (у т.ч. CANDU); економічність; безпеку експлуатації та безпечний екологічний ЯТЦ (ядерний технологічний цикл); гарантування технологічної та екологічної безпеки; забезпечення максимального коефіцієнту використання потужностей АЕС (до 95% та вище); оптимізацію капіталовкладень у будівництво нових АЕС; можливість роботи АЕС на природному урані (без його попереднього збагачення), що зменшує витрати та усуває ризики застосування збагаченого урану для виробництва ядерної зброї країнами, які мають на своїй території діючі АЕС.

Застосування в Україні найкращого світового досвіду щодо інноваційного оновлення та будівництва нових АЕС на основі дотримання принципів технологічної, екологічної, соціальної безпеки; усунення ризиків використання ядерного циклу у військових цілях – дозволить Україні мінімізувати системні ризики та небезпеки (економічні та енергетичні, соціальні, цінові, екологічні та ін.), настання яких очікується після виведення з експлуатації всіх українських АЕС після 2035 р.

Список використаних джерел:

1. Людмила Шангіна. Влада і суспільство: налагодження співробітництва для безпечного розвитку ядерної енергетики. *Аналітична доповідь центру Разумкова*. 2017. № 16. С. 47.
2. В.Е. Лір. Трансформація суспільної думки як чинник розвитку ядерної енергетики. *Економіка і суспільство*. 2017. № 12. С. 7.
3. С.В. Калтигіна, А.І. Шанчук, Ю.В. Єсипенко, О.В. Печериця. Ядерна та радіаційна безпека. *Ядерна енергетика у контексті енергетичної політики Євросоюзу*. 2018. № 1. С. 8.
4. British Petroleum. – UK, London : Pureprint Group Limited., *BP Statistical Review of World Energy, 65th edition*. June 2016. 48 p.
5. Brook B., Bradshaw C.. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. *Abstract*. 2016. № 29. С. 34.
6. Jerry M. Cuttler., Jerry M. Cuttler, Myron Pollycove. *Nuclear Energy and Health*. 2018. № 52. С. 41.
7. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment Safety of Nuclear. *Safety of Nuclear Power Plants: Design. Safety Standards for protecting people and the environment*. 2016. № 2. С. 41.
8. Енергетична стратегія України на період до 2035 року; «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність. База даних «Міністерство енергетики та вугільної промисловості». URL: <http://mpe.kmu.gov.ua> (дата звернення: 05.07.2019).
9. Комплексна (зведена) програма підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій України (КЗПБ). База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 10.07.2019).
10. Асоціація «Український ядерний форум»: веб-сайт. URL: <http://www.atomforum.org.ua> (дата звернення: 10.07.2019).
11. Енергоатом: веб-сайт. URL: <http://nfr.energoatom.kiev.ua> (дата звернення: 08.07.2019).
12. Європейська Комісія: веб-сайт. URL: <http://ec.europa.eu> (дата звернення: 05.07.2019).
13. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України: веб-сайт. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua> (дата звернення: 08.07.2019).
14. Світовий економічний форум: веб-сайт. URL: <https://www.weforum.org.ua> (дата звернення: 10.07.2019).
15. Canadian Nuclear Association (CNA): Candu Technology: веб-сайт. URL: <https://cna.ca/technology/energy/candu-technology> (дата звернення: 10.07.2019).
16. International Atomic Energy Agency (IAEA – МАГАТЕ): веб-сайт. URL: <https://www.iaea.org/> (дата звернення: 08.07.2019).
17. Western European Nuclear Regulatory Association (WENRA): веб-сайт. URL: <http://www.wenra.org> (дата звернення: 05.07.2019).
18. Energy union and climate. European Commission: веб-сайт. URL: https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en (дата звернення: 10.07.2019).

References:

1. Shanghina L. (2017). Vlada i suspiljstvo: nalaghozhenija spivrobotnytctva dlja bezpechnogho rozvytku jadernoji energetyky [Authority and society: maintaining cooperation for the further development of nuclear energy]. *Analitychnyi centr Razumkova*, no. 16, pp. 47.
2. Lir V.E. (2017). Transformacija suspiljnoji dumky jak chynnyk rozvytku jadernoji energetyky [Public opinion transformation as a tool for nuclear energy development]. *Economy and society*, no. 12, pp. 7.
3. Kaltyghina S.V., Shanchuk A.I., Jesypenko Ju., Pecherycja O.V. (2018). Jaderna ta radiacijna bezpeka [Nuclear and radiation security], *Nuclear power engineering in the context of the EU energy policy*, no. 1, pp. 8.
4. British Petroleum (2018). *Statistical Review of World Energy, 65th edition*. London : Pureprint Group Limited.
5. Brook B., Bradshaw C. (2016). Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. *Abstract*, no. 29, pp. 34.
6. Jerry M. Cuttler, Jerry M. Cuttler, Myron Pollycove (2018). *Nuclear Energy and Health*, no. 52, pp. 41.
7. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment Safety of Nuclear. *Safety of Nuclear Power Plants: Design. (2016). Safety Standards for protecting people and the environment*, no. 2, pp. 41.
8. Energhetychna strateghija Ukrajinjy na period do 2035 roku; «Bezpeka, energhoefektyvnistj, konkurentospromozhnistj» [Energy strategy of Ukraine ‘Security, energy efficiency, competitiveness’]. *Ministerstvo energetyky ta vughiljnoji promyslovosti*. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua> (accessed July, 5, 2019).

9. Kompleksna (zvedena) prohrama pidvyshhennja rivnja bezpeky energhobloktiv atomnykh elektrostancij Ukrainy [Integrated (consolidated) program for increasing the level of safety of power units of nuclear power plants in Ukraine]. *Database "Zakonodavstvo Ukrainy"*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (accessed July, 10, 2019).
10. Asociacija «Ukrainskij jadernyj forum» [Ukrainian Nuclear Forum]. URL: <http://www.atomforum.org.ua> (accessed July, 10, 2019).
11. Energhoatom [Energy Atom]. URL: <http://nfr.energoatom.kiev.ua> (accessed July, 8, 2019).
12. Yevropeiska komisiia [The European Commission]. URL: <http://ec.europa.eu> (accessed July, 5, 2019).
13. Ministerstvo energhetyky ta vughiljnoji promyslovosti Ukrainy [Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine]. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua> (accessed July, 8, 2019).
14. World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org.ua> (accessed July, 10, 2019).
15. Canadian Nuclear Association (CNA): Candu Technology. URL: <https://cna.ca/technology/energy/candu-technology> (accessed July, 10, 2019).
16. International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/> (accessed July, 8, 2019).
17. Western European Nuclear Regulatory Association (WENRA). URL: <http://www.wenra.org> (accessed July, 5, 2019).
18. Energy union and climate. *European commission*. URL: https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en (accessed July, 10, 2019).

ПРИОРИТЕТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ: МИРОВОЙ ОПЫТ

Аннотация. В статье обобщены системные риски, которые сопровождают развитие ядерной энергетики: экологические, технологические, риски для жизнедеятельности населения вследствие техногенных аварий, радиационных выбросов на АЭС; угрозы «безопасности площадке» АЭС. Определена роль международных организаций (ВАО АЭС, WENRA, IAEA, WNA, FORATOM, EUR, МАГАТЭ, Евратом и др.) в формировании мировых стандартов и приоритетов обеспечения безопасности развития ядерной энергетики. Представлены риски развития АЭС в Украине и предоставлено стратегическое видение путей их минимизации на период до 2035 г. Определены приоритеты обеспечения безопасности развития ядерной энергетики в XXI в. на основе инновационных подходов, обеспечение технологической и экологической безопасности деятельности АЭС; оптимизации капиталовложений и возможности работы АЭС на природном уране (без его обогащения), что устраняет риски производства ядерного оружия странами, которые имеют ядерный технологический цикл.

Ключевые слова: безопасность развития ядерной энергетики, риски, опасность, энергообеспечения страны, энергетический баланс, энергетический рынок, атомная электростанция (АЭС), экология, инновации, международные организации, приоритеты, стратегия, Украина, ЕС, Канада, США.

PRIORITIES TO ENSURE SECURITY OF NUCLEAR POWER DEVELOPMENT: WORLD EXPERIENCE

Summary. The article deals with the world experience in determining priorities for securing the development of nuclear energy. The role of international organizations (WANO, WENRA, IAEA, WNA, FORATOM, EUR, IAEA, Euroatom, etc.) has been identified in the formation of world standards and priorities for the development of nuclear energy that systematically covers: safety of operation of NPPs and research reactors, fuel cycle installations; radiation protection of the population and the environment; radiation safety of personnel, radiological protection and safety of radioactive sources; safety of transportation of radioactive materials; safety of radioactive waste management of spent nuclear fuel at NPPs and their disposal, decommissioning, restoration of contaminated sites and readiness of response of the Ministry of Emergencies (Ministry of Emergency Situations) of the country in the event of emergencies at the NPP; priorities of peaceful application of all components of the nuclear power generation complex. Generalized systemic risks of nuclear energy development in the world. The risks of NPP development in Ukraine are presented and the strategic vision of ways of their minimization for the period up to 2035 is presented. The priorities of ensuring the safety of nuclear energy development in the XXI century are determined. on the basis of innovative approaches, guarantee of technological and ecological safety of NPP activity; optimization of investments and the possibility of NPP operation on natural uranium (without its enrichment), which eliminates the risks of producing nuclear weapons by countries that have a nuclear technology cycle. Generalized world experience in determining priorities for securing the development of nuclear energy, substantiating the priorities of implementation of innovations at nuclear power plants of the countries-leaders of the development of nuclear energy in order to minimize the onset of technological, environmental, social and other occurrences. risks, for the peaceful use of the atom. Generalized world experience of the countries-leaders in the development of nuclear energy in ensuring the safety of nuclear energy development. The article defines the priorities for securing the development of nuclear energy. On the example of Canada, the benefits of innovative technologies (CANDU EC6) and their impact on efficiency are considered; safe operation and safe environmentally-friendly nuclear fuel cycle (nuclear technological cycle), etc.

Key words: safety of development of nuclear power engineering, risks, danger, energy supply of the country, energy balance, energy market, nuclear power plant (NPP), ecology, innovation, international organizations, priorities, strategy, Ukraine, EU, Canada, USA.