

Аварії на Чорнобильській АЕС (1986) і на АЕС Fukushima-Daiichi (Японія) стали поштовхом для перегляду філософії оцінки безпеки ядерних установок, концентрації зусиль міжнародної спільноти щодо інтенсивного обміну досвідом та сучасними національними досягненнями в галузі безпечного використання ядерної енергії, підготовки низки фундаментальних конвенцій під егідою МАГАТЕ, на яких сьогодні будується міжнародний режим забезпечення ядерної та радіаційної безпеки.

СТАН І СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Нині в Україні експлуатують 15 енергоблоків загальною потужністю 13,835 ГВт на чотирьох АЕС (Запорізька, Рівненська, Хмельницька та Південноукраїнська), оператор яких державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»» (ДП НАЕК «Енергоатом»).

Загальна частка виробництва електроенергії АЕС серед всіх електростанцій об'єднаної енергосистеми України становить майже 50%, що зумовлює важливість стійкого прогнозованого розвитку атомної енергетики в нашій державі. Виробництво електроенергії на АЕС України здійснюється з вико-

ристанням водо-водяних енергоблоків (ВВЕР), проектною потужністю 440 МВт (ВВЕР-440) та 1000 МВт (ВВЕР-1000).

Основну частку потужностей вітчизняної атомної енергетики зведено у 80-х роках минулого століття. Після 2000-го добудували три атомні реактори: 6-й на Запорізькій, 2-й на Хмельницькій та 4-й на Рівненській АЕС. За умови роботи енергоблоків виключно протягом нормативного терміну – 30 років, до 2030-го треба вивести з експлуатації 13 з 15 енергоблоків АЕС. Як свідчить вітчизняний та світовий досвід, термін роботи енергоблоків, побудованих за проектами другої половини минулого сторіччя, можна збільшити за рахунок проведення відповідного комплексу заходів з подовження терміну їх експлуатації. У залежності від технічного стану енергоблока, особливостей його експлуатації найімовірніший термін подовження 10 років із можливістю подальшого подовження ще на 10, тобто максимальний термін подовження становить 20 літ (табл. 1).

За вихідними проектами, термін експлуатації діючих енергоблоків з реакторними установками (РУ) типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000 становить 30 років. Цей термін для РУ водо-водяного типу під тиском парама-

Даний матеріал надруковано як дискусійний, отож редакція запрошує зацікавлені сторони висловити свою думку з приводу порушених питань

підставі суттєво консервативних оцінок на рівні знань та експлуатаційного досвіду 70-80-х років минулого століття. Проте сьогоденні оцінки та світова практика свідчать про потенційну можливість подовження безпечної експлуатації таких РУ в понад проектні терміни. У 2010 та 2011 роках вичерпалися проектні терміни експлуатації енергоблоків №№ 1, 2 РАЕС загальною потужністю 0,835 ГВт; прийнято рішення подовжити їх експлуатацію на 26 років. У 2013-2019 роках закінчуються проектні терміни експлуатації 10 енергоблоків загальною потужністю 10 ГВт, а в 2025-му — ще одного енергоблока потужністю 1 ГВт.

Водночас світовий досвід показує, що фактичний термін служби основних конструкцій та обладнання АЕС може бути подовжений після заміни їх окремих елементів.

Ключовими напрямками стратегічного планування, що визначають основну відмінність можливих сценаріїв розвитку ядерно-енергетичного комплексу на період до 2030 року й подальшу перспективу, є подовження терміну експлуатації діючих АЕС та перспективне будівництво в ядерній енергетиці.

Правові підстави подовження термі-

Стан ядерної енергетики України

Запорізька	1	ВВЕР-1000	1	1984	2014	2024	2034
	2	ВВЕР-1000	1	1985	2015	2025	2035
	3	ВВЕР-1000	1	1986	2016	2026	2036
	4	ВВЕР-1000	1	1987	2017	2027	2037
	5	ВВЕР-1000	1	1989	2019	2029	2039
	6	ВВЕР-1000	1	1995	2025	2035	2045
Південно-українська	1	ВВЕР-1000	1	1982	2012	2022	2032
	2	ВВЕР-1000	1	1985	2015	2025	2035
	3	ВВЕР-1000	1	1989	2019	2029	2039
Рівненська	1	ВВЕР-440	0,402	1980	2010	2020	2030
	2	ВВЕР-440	0,416	1981	2011	2021	2031
	3	ВВЕР-1000	1	1986	2016	2026	2036
	4	ВВЕР-1000	1	2004	2034	2044	2054
Хмельницька	1	ВВЕР-1000	1	1987	2017	2027	2037
	2	ВВЕР-1000	1	2004	2034	2044	2054

ження Закону України від 08.09.2005 №2861-IV «Про порядок прийняття рішень про розміщення, проектування, будівництво ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, які мають загальнодержавне значення», вимоги діючих норм, правил і стандартів з ядерної та радіаційної безпеки:

- НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій;
- НП 306.2.099-2004. Загальні вимоги до подовження експлуатації енергоблоків АЕС у понад проектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки.

Виходячи з попередніх оцінок стану енергоблоків АЕС та світового досвіду експлуатації аналогічних РУ, згідно зі стратегічним плануванням розвитку ядерної енергетики України можна розглядати 6 сценаріїв розвитку ядерного енергетичного комплексу:

1) три сценарії з подовженням експлуатації енергоблоків на 15 років після закінчення 30-річного терміну, передбаченого вихідними проектами, згідно з діючою «Енергетичною стратегією України на період до 2030 року»;

2) три сценарії з подовженням експлуатації енергоблоків на 20 років після закінчення 30-річного терміну, передбаченого вихідними проектами, згідно з проектом «Оновлення енерге-

тичної стратегії України до 2030 року», представленим Міненерговугіллям України в 2013 році.

До 2030-го планують спорудити та ввести в експлуатацію нові ядерні енергоблоки сукупною потужністю:

2 ГВт (енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС) – за песимістичним сценарієм розвитку енергетики України;

5 ГВт (енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС та 2–3 енергоблоки на нових майданчиках) – за базовим сценарієм розвитку енергетики України;

7 ГВт (енергоблоки №№ 3, 4 ХАЕС та 3–5 енергоблоків на нових майданчиках) – за оптимістичним сценарієм розвитку енергетики України;

початок спорудження нових ядерних енергоблоків на заміну старих, що будуть виведені з експлуатації після 2030 року.

Плануються також роботи з підготовки діючих енергоблоків до зняття з експлуатації після завершення додаткового періоду їх експлуатації.

АНАЛІЗ НЕГАТИВНИХ ВПЛИВІВ АЕС НА ДОВКІЛЛЯ

Атомні станції внаслідок накопичення в процесі експлуатації значної кількості радіоактивних продуктів і наявності принципової можливості виходу їх у разі аварії за передбачені межі представляють собою джерело потенційної небезпеки або джерело ризику

радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє природне середовище (НПС). Ступінь радіаційного ризику прямо залежить від рівня безпеки АЕС, який є однією з основних властивостей РУ, що визначають можливість їх використання в якості джерела теплової та електричної енергії.

Фактори впливу АЕС на довкілля можна розподілити на дві групи: фактори безпосереднього впливу (прямої дії) та фактори опосередкованого (непрямого) впливу. До факторів безпосереднього екологічного впливу належать такі, що пов'язані з експлуатацією самих об'єктів і систем електроенергетики, а до опосередкованих – такі, що виникають під час створення умов для функціонування цих об'єктів (наприклад, вплив на довкілля під час видобування та транспортування палива, що поставляється на АЕС, під час виготовлення електроенергетичного обладнання).

До факторів безпосереднього впливу АЕС на НПС належать:

- відчуження територій під енергетичні об'єкти;
- механічні порушення земельних ресурсів;
- теплове забруднення повітряного басейну й водного середовища;
- утворення твердих, рідких і газоподібних радіоактивних відходів (РАВ);
- виникнення акустичних чинників і шумів;
- утворення зон підвищеної напруженості електромагнітного поля від ліній електропередачі та електричних підстанцій;
- зволожуюче забруднення повітряного басейну;
- використання водних ресурсів і скиди забруднюючих речовин у водне середовище та ґрунт;
- зміни ландшафту під час спорудження АЕС, у тому числі вирубка лісів, вилучення із сільськогосподарського обігу орних земель, лугів;
- вилучення територій (під будівлі, ставки-охолоджувачі, канали, дороги тощо). У табл. 2 наведено дані про питоме вилучення земельної площі для цілей енергетичного господарства АЕС.

Атомна енергетика в цілому з урахуванням відходів, що скидаються у природне середовище обслуговуючими її підприємствами інших галузей, не може вважатися екологічно абсолютно чистою. У процесі роботи АЕС утворюються тверді, рідкі та газоподібні РАВ. Тверді відходи АЕС – частини демонтованого обладнання, відпрацьовані

фільтри, сміття тощо. Рідкі відходи – залишки після випаровування радіоактивних вод, дезактиваційні розчини та ін. Усі радіоактивні газоповітряні потоки технологічного та вентиляційного походження попередньо очищують.

Під час роботи АЕС використовується велика кількість води для охолодження конденсаторів турбін. При цьому через нижчі параметри пари, які застосовують в атомних реакторах типу ВВЕР, що використовуються на українських АЕС, від турбін доводиться відводити значно більше теплоти, ніж на ТЕС. За порівняно однакової потужності електростанцій витрати води на охолодження конденсаторів АЕС більші, ніж на ТЕС. У разі використання на АЕС ставків-охолоджувачів їхня поверхня також має бути більшою. За умови нормальної експлуатації АЕС не спричиняють істотних змін природного радіоактивного фону. За встановлених припустимих рівнях впливу ядерної енергетики на гідросферу та існуючих методах контролю скидів діючі типи ядерних енергетичних установок не загрожують порушенням локальних і глобальних рівноважних процесів у гідросфері та її взаємодії з іншою складовою географічної оболонки Землі. Водночас під час експлуатації АЕС можливі викиди радіоактивних аерозолів і витоки води.

Процес експлуатації АЕС супроводжується комплексним негативним впливом на НПС та людину за різними факторами й категоріями, тому ці об'єкти відносяться до категорії екологічно небезпечних і потребують постійної уваги та контролю.

Теплове забруднення водного середовища обумовлено кількістю об'єму води, що використовується для охолодження обладнання та систем (табл. 2).

Таблиця 2
ВОДОСПОЖИВАННЯ АЕС
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Водоспоживання, м ³ /рік	9,7×10 ⁹	5,2×10 ⁹	6,3×10 ⁹	3,9×10 ⁹
Ліміт, м ³ /рік	10,4×10 ⁹	5,5×10 ⁹	6,4×10 ⁹	4,1×10 ⁹

Характерні риси такого впливу – постійна та всезростаюча інтенсивність, багатоплановість (одночасний вплив на різні компоненти довкілля:

атмосферу, гідросферу, літосферу, біосферу), різноманітність (відчуження територій, порушення природних ландшафтів, хімічне та радіоактивне забруднення, теплові, радіаційні, акустичні та інші фізичні впливи) і масштабність (прояв не лише в локальному та регіональному, а й у глобальному масштабі) (табл. 3).

Техногенний вплив АЕС на довкілля можна розподілити за такими категоріями:

- забруднення повітря радіоактивними речовинами й сполуками за їх впливом на людське здоров'я, флору, фауну тощо;
- зміна природного режиму водовикористання та негативний вплив на якість води через теплове, радіоактивне й хімічне забруднення;
- зміна природного режиму землевикористання через розміщення електростанцій та електричних мереж, вивезення й складування відходів, включаючи тверді, рідкі та ядерні.

Експлуатація АЕС чинить значний антропогенний вплив на навколишнє природне середовище за кількома напрямками: викид тепла (теплове забруднення), газоаерозольні викиди в атмосферу, напруцювання великої кількості відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), твердих і рідких РАВ тощо. Під час роботи реактора АЕС сумарна активність матеріалів, що діляться, збільшується в мільйони разів.

З точки зору радіоактивного забруднення середовища працюючими в штатному режимі АЕС першорядний інтерес представляють газоаерозольні викиди в 2015 році (табл. 4) як такі, що менш за все контролюються після їх виникнення.

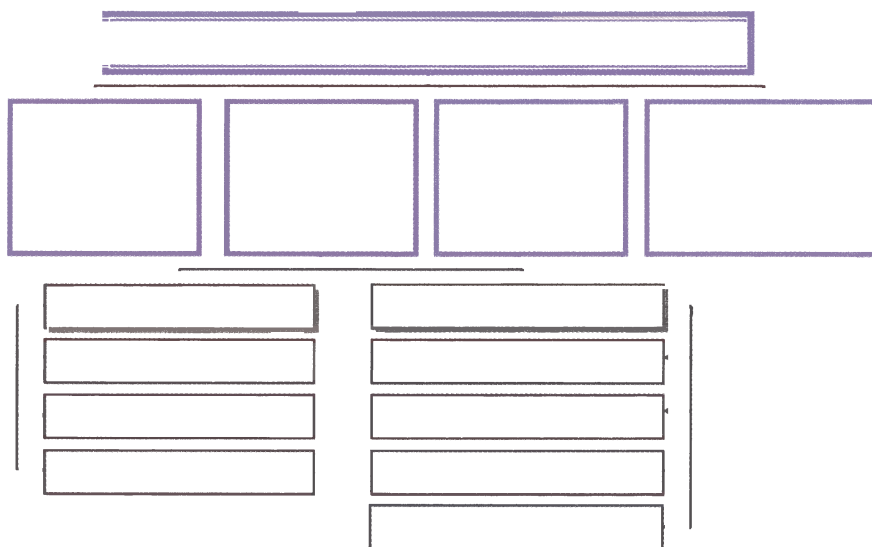
ОБСЯГ ГАЗОАЕРОЗОЛЬНИХ
ВИКИДІВ АЕС, МБк/рік

¹³⁷ Cs	4,52	2,9	3,1	1,7
¹³⁴ Cs	3,2	1,6	2,3	0,3
⁶⁰ Co	3,7	1,1	1,9	0,8

У реакторі будь-якої АЕС з уранового палива шляхом поділу атомів утворюються близько 300 різних радіонуклідів, з яких понад 30 потрапляють в атмосферу. Серед них: йод-129 (період напіврозпаду 16 млн років), цезій-137 (33 роки), криптон-85 (10 років), кобальт-60 (5,27 року), цезій-134 (2 роки), ксенон-133 (5,27 діб) та ін. Із перелічених радіонуклідів особливу увагу треба приділити криптону-85, що є практично чистим бета-випромінювачем, напруцювання якого на кілька порядків вище, ніж усіх інших радіонуклідів, що впливає на зміну геофізичних параметрів Землі (електропровідність атмосфери).

(Продовження у наступному номері)

Сергій **АЗАРОВ**,
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту ядерних досліджень НАН України;
Володимир **СИДОРЕНКО**,
кандидат технічних наук,
доцент, професор кафедри профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності населення Інституту державного управління у сфері цивільного захисту



Таблиця 3. Структура класифікації завдань стандартизації щодо викидів та експлуатаційних впливів АЕС.