

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ АЕС НА ДОВКІЛЛЯ

Азаров С.І.<sup>1</sup>, Сидоренко В.Л.<sup>2</sup>, Задунай О.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України  
пр. Науки, 47, 03680, м. Київ  
azarovsi@i.ua

<sup>2</sup>Інститут державного управління у сфері цивільного захисту  
вул. Вишгородська, 21, 04074, м. Київ  
generals2007@i.ua

<sup>3</sup>Державний науково-дослідний інститут спеціального зв'язку  
та захисту інформації  
вул. Максима Залізняка, 6, 03142, м. Київ  
a.zadunaj@gmail.com

Розглянуто основні фактори негативного впливу АЕС на довкілля: атмосферне повітря, водні та земельні ресурси. Розглядаються питання необхідності подальшого вдосконалення законодавства в сфері використання атомної енергії для забезпечення екологічної безпеки, що виключає негативний вплив на людину і навколишнє середовище. *Ключові слова:* атомна енергія, законодавство в сфері атомної енергетики, екологічна безпека.

**Анализ факторов техногенного воздействия АЭС на окружающую среду.** Азаров С.И., Сидоренко В.Л., Задунай А.С. Рассмотрены основные факторы негативного воздействия АЭС на окружающую среду: атмосферный воздух, водные и земельные ресурсы. Рассматриваются вопросы необходимости дальнейшего совершенствования законодательства в области использования атомной энергии для обеспечения экологической безопасности, исключая негативное влияние на человека и окружающую среду. *Ключевые слова:* атомная энергия, законодательство в сфере атомной энергетики, экологическая безопасность.

**Analysis of factors of technogenic impact of NPP on environment.** Azarov S., Sydorenko V., Zadunai O. The main factors of the negative impact of the NPP on the environment are considered: atmospheric air, water and land resources. The issues of the necessity of further improvement of the legislation in the field of using nuclear energy for ensuring environmental safety, excluding negative impact on people and the environment, are considered. *Key words:* nuclear-power, legislation in the sphere of nuclear energy, ecological safety.

**Постановка проблеми.** В сучасних умовах під час формування рішень ьз функціонування і розвитку атомної енергетики країни вагомим чинником стають екологічні обмеження та вимоги як на вітчизняному рівні, так і зумовлені міжнародними зобов'язаннями. Впровадження жорстких нормативних обмежень на викиди забруднюючих радіоактивних речовин для АЕС на рівні вимог Європейського Союзу, збільшення платежів за викиди забруднювачів та введення штрафів за їх наднормативні обсяги, а також підхід ЄС до обмеження чи заборони роботи атомних об'єктів, що не задовольняють екологічним вимогам, потребує проведення економічно та регуляторно виважених заходів із забезпечення виконання цих вимог з урахуванням поточного стану генеруючих потужностей, надійності, наявності інвестиційних та матеріальних ресурсів.

Наявність таких різновекторних процесів, а саме: з одного боку, об'єктивна тенденція до зростання енерговиробництва на АЕС, а з другого боку, збільшення питомих витрат на одиницю виробленої енергії призводить до посилення протиріччя між виробництвом та споживанням енергії з одночасним зростанням негативного впливу на навколишнє природне середовище (НПС).

**Актуальність дослідження.** Існує багато причин екологічних проблем в атомній енергетиці України, серед них особлива увага приділяється таким:

- 1) зношеність основних фондів промислової інфраструктури;
- 2) наявна система державного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища, регулювання використання природних ресурсів, відсутність чіткого розмежування природоохоронних та господарських функцій;
- 3) недостатня сформованість інститутів громадянського суспільства;
- 4) недостатнє розуміння в суспільстві пріоритетів збереження НПС та переваг сталого розвитку;
- 5) недотримання природоохоронного законодавства.

Означені проблеми посилюються відсутністю державної стратегії підвищення екобезпеки в сфері використання атомної енергії, дієвих екологозахисних важелів впливу на енерговиробництво та впровадження систем екологічного моніторингу навколо АЕС, міст і територій. Тому питання охорони НПС у процесі експлуатації АЕС у сучасних умовах є особливо актуальним для України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Над проблемою дослідження безпеки АЕС працює багато вітчизняних і закордонних спеціалістів та науковців. Різні аспекти та окремі підходи до дослідження цієї проблеми висвітлено у чисельних працях [1–3], але через те, що цей процес є безперервним, постійним і надзвичайно актуальним, дослідження тривають. Необхідно зазначити, що для такого ядерно-радіаційно небезпечного об'єкта, як АЕС, комплексний аналіз безпеки за допомогою кількох критеріїв до цього не виконувався.

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 у галузі безпечного використання ядерної енергії, підготовки низки фундаментальних конвенцій під егідою МАГАТЕ, на яких нині будується міжнародний режим забезпечення ядерної та радіаційної безпеки.

**Метою статті** є розкриття аспектів, що сприяють обмеженню шкідливого впливу викидів і стоків АЕС на НПС та здоров'я людини.

#### **Виклад основного матеріалу.**

#### **Стан та сценарії розвитку ядерної енергетики України.**

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

Загальна частка виробництва електроенергії АЕС серед усіх електростанцій Об'єднаної енергосистеми України становить майже 50%, що зумовлює важливість стійкого прогнозованого розвитку атомної енергетики в Україні. Виробництво електроенергії на АЕС України здійснюється з використанням водо-водяних енергоблоків (ВВЕР), проектною потужністю 440 МВт (ВВЕР-440) та 1000 МВт (ВВЕР-1000).

Основну частку потужностей у вітчизняній атомній енергетиці було збудовано у 80-х рр. минулого століття. Після 2000 р. були добудовані три атомних 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 р. було б необхідно 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 шляхом проведення відповідного комплексу заходів із подовження терміну їх експлуатації. Залежно від технічного стану енергоблока, особливостей його експлуатації найбільш імовірним терміном подовження є

10 років із можливістю подальшого подовження ще на 10 років, тобто максимальний термін подовження становить 20 років (табл. 1).

За вихідними проектами, термін експлуатації діючих енергоблоків із реакторними установками (РУ) типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000 становить 30 років. Цей термін для РУ водо-водяного типу під тиском встановлювався на підставі суттєво консервативних оцінок, на рівні знань та експлуатаційного досвіду 70–80-х рр. минулого століття. Проте нинішні оцінки та світова практика свідчать про потенційну можливість продовження безпечної експлуатації таких РУ у понадпроектні терміни. У 2010 та 2011 рр. вичерпалися проектні терміни експлуатації енергоблоків № 1 і № 2 РАЕС загальною потужністю 0,835 ГВт; прийнято рішення про продовження їх експлуатації на 20 років. У 2013–2019 рр. закінчуються проектні терміни експлуатації 10 енергоблоків загальною потужністю 10 ГВт, а в 2025 р. – ще одного енергоблока потужністю 1 ГВт.

Нині проектні 30-річні терміни експлуатації 12 з 15 енергоблоків діючих АЕС близькі до закінчення. Водночас світовий досвід показує, що фактичний термін служби основних конструкцій та обладнання АЕС може бути продовжений після заміни їх окремих елементів.

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

Правовими підставами продовження термінів експлуатації енергоблоків є положення Закону України від 08.09.2005 р. № 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 чинних норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки:

– НП 306.2.141-2008. Загальні положення безпеки атомних станцій;

– НП 306.2.099-2004. Загальні вимоги до продовження експлуатації енергоблоків АЕС у понадпроектний строк за результатами здійснення періодичної переоцінки безпеки.

Зважаючи на попередні оцінки 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 [1–4]:

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

2) три сценарії з продовженням експлуатації енергоблоків на 20 років після закінчення 30-річного терміну, передбаченого вихідними проектами, згідно з проектом «Оновлення Енергетичної стратегії України до 2030 року», представленим Міненерговугіллям України у 2013 р.

До 2030 р. планується спорудження та введення в експлуатацію нових ядерних енергоблоків сукупною встановленою 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 енергоблоків, що будуть виведені з експлуатації після 2030 р.

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

**Аналіз негативних впливів АЕС на довкілля.**

Атомні станції внаслідок накопичення у процесі експлуатації значної кількості радіоактивних продуктів і наявності принципової можливості виходу їх, у разі аварії, за передбачені межі являють собою джерело потенційної небезпеки або джерело ризику радіаційного впливу на персонал, населення і НПС. Ступінь радіаційного ризику прямо залежить від

рівня безпеки АЕС, який є однією з основних властивостей РУ, що визначають можливість їх використання як джерела теплової та електричної енергії.

Фактори впливу АЕС на довкілля можна розподілити на дві групи – це 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 при створенні умов для функціонування цих об’єктів (наприклад, вплив на довкілля під час видобування та транспортування палива, що поставляється на АЕС, у процесі 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 і водного середовища;
- утворення твердих, рідких і газоподібних радіоактивних відходів (РАВ);
- виникнення акустичних чинників та шумів;
- утворення зон підвищеної напруженості електромагнітного поля від ліній електропередачі і електричних підстанцій;
- зволоження забруднення повітряного басейну;
- використання водних ресурсів і скиди забруднюючих речовин у водне середовище та ґрунт;
- зміни ландшафту при спорудженні АЕС, у тому

Таблиця 1

**Стан ядерної енергетики України**

АЕС	№	Тип реактора	Встановлена електрична потужність, ГВт	Дата пуску	Зняття з експлуатації при продовженні терміну роботи, роки		
					0	10	20
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

числі вирубка лісів, вилучення із сільськогосподарського обороту орних земель, лугів;

– вилучення територій (під будівлі, ставки-охолоджувачі, канали, дороги тощо). У табл. 2 наведено дані про питомих вилучення земельної площі для цілей енергетичного господарства АЕС.

Таблиця 2

**Питомих вилучення земельної площі для цілей**

Об'єкт	Одиниці виміру	Питома землемірність
Ставки-охолоджувачі спеціального призначення	км <sup>2</sup> /ГВт·рік	3,0
Ставки-охолоджувачі багатопільового призначення	км <sup>2</sup> /ГВт·рік	30,0
Ставки-хвостосховища	км <sup>2</sup> /ГВт·рік	0,02
Повітряні лінії електропередач 500 кВ	км <sup>2</sup> /км	0,1–0,2

Атомна енергетика загалом 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. Твердими відходами АЕС є частини демонтованого обладнання, відпрацьовані фільтри, сміття тощо. Рідкими відходами є залишки після випаровування радіоактивних вод, дезактиваційні розчини тощо. Усі радіоактивні газоповітряні потоки технологічного та вентиляційного походження піддаються попередньому очищенню.

У процесі роботи АЕС використовується велика кількість води для охолодження конденсаторів турбін. При цьому через нижчі параметри пари, застосовувані 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. Збільшується в цьому разі і кількість земель, що відводяться під водойми. Отже, АЕС мають більші масштаби використання природних водних і земельних ресурсів, ніж звичайні ТЕС на органічному паливі. За умови нормальної експлуатації АЕС не спричиняють істотних змін природного радіоактивного фону. При встановлених допустимих рівнях впливу ядерної енергетики на гідросферу та наявних методах контролю скидів діючі типи ядерних енергетичних установок не являють собою погрози порушення локальних і глобальних рівноважних процесів у гідросфері та її взаємодії з іншою складовою частиною географічної оболонки Землі.

Разом із тим у процесі експлуатації АЕС можливі викиди радіоактивних аерозолів і витіки води, що містять радіоактивність.

Процес експлуатації АЕС супроводжується комплексним негативним впливом на НПС та людину за різними факторами і категоріями, тому ці об'єкти належать до категорії екологічно небезпечних та потребують постійної уваги та контролю. Наприклад, у 2012 р. доля галузі в сумарних викидах хімічних забруднюючих речовин, що надходять від стаціонарних джерел на території України, становить 0,25%, у скидах забруднених стічних вод – 0,6%, в обсязі утворених відходів виробництва та споживання – 0,5%.

Теплове забруднення водного середовища зумовлено кількістю об'єму води, що використовується для охолодження обладнання та систем (табл. 3).

Таблиця 3

**Водоспоживання АЕС для виробництва електроенергії**

Параметр	Станція			
	ЗАЕС	РАЕС	ПУАЕС	ХАЕС
Водоспоживання, м <sup>3</sup> /рік	9,7·10 <sup>9</sup>	5,2·10 <sup>9</sup>	6,3·10 <sup>9</sup>	3,9·10 <sup>9</sup>
Ліміт, м <sup>3</sup> /рік	10,4·10 <sup>9</sup>	5,5·10 <sup>9</sup>	6,4·10 <sup>9</sup>	4,1·10 <sup>9</sup>

Характерними рисами такого впливу є 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) та масштабність (прояв не лише в локальному і регіональному, а й у глобальному масштабі) (рис.).

Техногенний вплив АЕС на довкілля можна розподілити за такими категоріями:

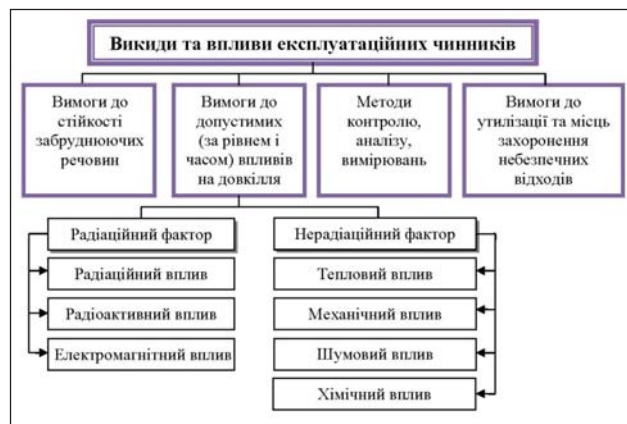


Рис. Структура класифікації завдань стандартизації щодо викидів та експлуатаційних впливів АЕС



Таблиця 5

**Обсяги надходження радіоактивних речовин у водойму-охолоджувач АЕС, МБк/рік**

Р/н	Станція			
	ЗАЕС	РАЕС	ПУАЕС	ХАЕС
<sup>137</sup> Cs	26,9	5,8	12,8	2,7
<sup>90</sup> Sr	3,4	1,3	2,1	НЧ
<sup>60</sup> Co	2,2	1,5	0,9	НЧ

НЧ – нижче чутливості методу вимірювання.

– забруднення повітря радіоактивними речовинами і сполуками, за їх впливом на людське здоров'я, флору, фауну тощо;

– зміна природного режиму водовикористання та негативний вплив на якість води через теплове, радіоактивне і хімічне забруднення;

– зміна природного режиму землевикористання через розміщення електростанцій та електричних мереж, вивезення та складування відходів, включаючи тверді, рідкі та ядерні відходи.

Експлуатація АЕС чинить значний антропогенний вплив на НПС за кількома напрямками: викид тепла (теплове забруднення), газоаерозольні викиди в атмосферу, напрацювання великої кількості відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), твердих та рідких РАВ тощо. У процесі роботи реактора АЕС сумарна активність матеріалів, що діляться, збільшується в мільйони разів.

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

Таблиця 4

**Обсяг газоаерозольних викидів АЕС, МБк/рік**

Р/н	Станція			
	ЗАЕС	РАЕС	ПУАЕС	ХАЕС
<sup>137</sup> Cs	4,52	2,9	3,1	1,7
<sup>134</sup> Cs	3,2	1,6	2,3	0,3
<sup>60</sup> 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 більш ніж 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. З перелічених радіонуклідів особливу увагу треба приділити криптону-85, який є практично чистим бета-випромінювачем, напрацювання якого на кілька порядків вище від усіх інших радіонуклідів, що впливає на зміну геофізичних параметрів Землі (електропровідність атмосфери).

Згідно з даними екологічних звітів за роки, що аналізувались, перевищення встановлених контрольних та припустимих рівнів викидів в атмосферу на АЕС не зареєстровано, що говорить про налагоджену роботу всіх бар'єрів очистки на шляху виходу радіоактивних речовин з активної зони реактора в атмосферу.

Обсяги надходження радіоактивних речовин у водойми-охолоджувачі АЕС у 2015 р. наведені в табл. 5.

Для реакторів ВВЕР реалізується відкритий ядерний технологічний цикл: ВЯП зберігається на АЕС у водному середовищі в приреакторних басейнах витримки та окремих сховищах ВЯП; переробка ВЯП не здійснюється. Накопичення РАВ на АЕС пропорційно виробленню електроенергії. Окрім твердих відходів, накопичуються менш активні рідкі відходи. Обсяг рідких відходів може сягати 60 000 м<sup>3</sup>/рік на енергоблоках із реактором ВВЕР-1000 та 30 000 м<sup>3</sup>/рік на енергоблоках із реакторами ВВЕР-440.

Основним видом твердих РАВ є тверде паливо, що має оновлюватись на 1/3 щороку. Як правило, більша частина твердих та рідких відходів зберігається в спеціально обладнаних на АЕС сховищах. Нині всі наявні сховища РАВ заповнені на 80–90%. Таким чином, відбувається накопичення відходів у густозаселеній країні. Незначний вільний об'єм сховищ дає змогу забезпечити роботу АЕС з твердими відходами протягом 5 років, із рідкими – 8 років. Збільшення кількості відходів, що зберігаються на проммайданчиках АЕС, ускладнює радіаційний стан та знижує екологічну безпеку територій розміщення атомних енергетичних об'єктів. Доцільно зазначити, що вартість переробки та захоронення 1 м<sup>3</sup> рідких відходів може сягати 8–10 тис. доларів.

Відкритим та нині не вирішеним питанням є накопичення ВЯП та утилізація РАВ, оскільки із загальної кількості РАВ кожен рік перероблюється та утилізується дуже незначна кількість щодо кількості утворюваних АЕС. Вирішенням цієї проблеми є розробка способу (відпрацювання процесу) зберігання та остаточної ізоляції від навколишнього середовища РАВ.

Негативні впливи на НПС у процесі експлуатації АЕС різноманітні. Зазвичай говорять, що мають місце радіаційний фактор впливу (радіоактивне і радіаційне забруднення), нерадіаційний фактор впливу (хімічне та фізичне забруднення) та інші фактори техногенного впливу експлуатації АЕС на об'єкти навколишнього середовища.

Радіоактивне забруднення – перевищення природного рівня вмісту радіоактивних речовин (радіонуклідів) у довкіллі або перевищення рівня іонізуючого випромінювання над фоновим рівнем. Радіаційна безпека – дотримання допустимих меж радіаційного впливу на населення та НПС, встановлених нормами, правилами та стандартами з безпеки.

Під нормами, правилами і стандартами з радіаційної безпеки розуміються критерії, вимоги й умови забезпечення безпеки під час використання ядерної енергії. Вони приймаються з урахуванням рекомендацій міжнародних організацій у сфері використання ядерної енергії. Дотримання норм, правил і стандартів із радіаційної безпеки є обов'язковим під час здійснення будь-якого виду діяльності у сфері використання ядерної енергії. З урахуванням зазначених норм, правил і стандартів визначаються заходи щодо забезпечення:

а) захисту населення, середовища їх перебування, персоналу ядерних установок, джерел іонізуючого випромінювання від радіаційного впливу;

б) радіаційної безпеки при поводженні з ядерними матеріалами й експлуатації ядерних установок;

в) безпеки при поводженні з РАВ.

Безпосередньо ці заходи на законодавчому рівні визначаються низкою законів України [5–7].

В умовах виникнення аварійних ситуацій АЕС можуть перетворитися на джерело реальної радіаційної загрози безпеці життєдіяльності людей як на окремих територіях, так і на місцевому або регіональному рівні. Найбільш істотні нерадіаційні фактори:

- локальний механічний вплив на рельєф при будівництві;
- витік поверхневих і ґрунтових вод, що містять хімічні компоненти;
- зміна характеру землекористування та обмінних процесів у безпосередній близькості від АЕС;
- зміна мікрокліматичних характеристик прилеглих районів.

Виникнення могутніх джерел тепла у виді градирень, водойм-охолоджувачів при експлуатації АЕС, звичайно, помітним образом змінює мікрокліматичні характеристики прилеглих районів. Рух води в системі зовнішнього тепловідводу, скидання технологічних вод, що містять різноманітні хімічні компоненти, впливають на популяції, флору і фауну екосистем. Природні екосистеми мають широкий спектр фізичних, хімічних і біологічних механізмів нейтралізації шкідливих і забруднюючих речовин. Однак при перевищенні значень критичних надходжень таких речовин можливе настання деградаційних явищ – ослаблення виживаності, зниження репродуктивних характеристик, зменшення інтенсивності росту, рухової активності. В умовах живої природи, постійної боротьби за ресурси така втрата життєстійкості організмів загрожує втратою ослабленої популяції, за якої може розвинути ланцюг втрат інших взаємодіючих популяцій [8].

Вплив електричних мереж на довкілля визначається впливом електричного поля, використанням земельних ресурсів, порушенням природних ландшафтів. Електричне поле високовольтних ліній електропередачі (ЛЕП) – це шкідливий, біологічно активний фактор, що впливає на людину і довкілля.

Мережа ЛЕП, що складається з повітряних високовольтних ЛЕП та електричних підстанцій, до складу яких можуть входити: розподільні пристрої, перетворювачі електроенергії, трансформатори, випрямлячі та інші пристрої і споруди, є джерелом електромагнітного випромінювання. Найбільш характерними екологічними проблемами, з якими доводиться зіштовхуватися під час проектування та будівництва ЛЕП, є такі: відчуження та вилучення земель, вирубка лісових насаджень, обмеження господарської діяльності в зоні відчуження землі для ЛЕП, шкідливий вплив електромагнітного поля надвисокої та ультрависокої напруги на біосферу, виникнення радіоперешкод, акустичні шуми, створювані ЛЕП, погіршення роботи засобів зв'язку, погіршення естетичного сприйняття ландшафту в місцях проходження трас ЛЕП. Лінії електропередачі, підстанції, пристрої та, насамперед, ЛЕП створюють у НПС електричне поле, напруженість якого знижується мірою віддалення від них. Електричне поле, залежно від його рівня, може здійснювати шкідливий вплив на людину.

До вдосконалення аналізу екологічного стану в процесі експлуатації АЕС необхідно віднести таке [9–11]:

1) проведення об'єктивної та комплексної екологічної експертизи і паспортизації АЕС, створення алгоритму і екологічного паспорту. Реконструкція АЕС має здійснюватись з урахуванням висновків ретельної екологічної експертизи, що має базуватись на прямих вимірюваннях показників та розрахунках характеристик та режимних параметрів. Екологічна експертиза має проводитись із метою визначення якісних та питомих кількісних енергетичних і екологічних характеристик РУ та АЕС загалом, їх відповідність допустимим нормам та проведення оцінки негативного впливу на НПС із точки зору оцінки наслідків порушення екологічної рівноваги;

2) здійснення розробки і впровадження на АЕС сучасних систем екологічного моніторингу [12]. Екологічний аналіз та моніторинг еколого-економічних характеристик експлуатації обладнання РУ як комплексний захід має базуватись на використанні нормативно-правової бази з урахуванням наявного екологічного стану НПС поблизу АЕС;

3) розробка положень системного екологічного аналізу стану АЕС на відповідність сучасним вимогам з екологічної безпеки і енергетичної ефективності як всередині країни, так і порівняно з вимогами МАГАТЕ та директив і регламентів Європейського Співтовариства. Контроль та комплексний аналіз стану АЕС на відповідність сучасним вимогам з екологічної безпеки має базуватись на принципах: багаторівневості; узгодженості нормативного, правового, методичного, технічного і програмного забезпечення; комплексності і відкритості екологічної інформації;

4) конче потрібне розроблення пропозицій щодо оптимізації експлуатації енергетичного обладнання

РУ та впровадження нових сучасних екологозахисних технологій, приладів та установок у конкретних схемах експлуатації АЕС;

5) з метою інтеграції України в Європейську Спільноту та забезпечення відповідності експлуатації АЕС вимогам МАГАТЕ і директив Європейського Союзу необхідно вдосконалити проведення системного і систематичного екологічного менеджменту. Екологічний менеджмент має спиратися на екологічний паспорт АЕС та систематизовані дані екологічного моніторингу як окремих агрегатів та установок, так і об'єкта загалом.

Реалізація запропонованих п'яти основних заходів дасть змогу забезпечити розробку і впровадження нормативно-правових інструментів реалізації екологічного аналізу як експлуатації чинних АЕС.

#### **Рекомендації з удосконалення державної політики в галузі забезпечення екологічної безпеки АЕС.**

Використання атомної енергії в сучасних умовах є науково обґрунтованим і стійким лише у разі забезпечення екологічної безпеки.

Завдяки функціонуванню об'єктів атомної енергетики можливе також підвищення конкурентоспроможності щодо інших галузей енергетики, що працюють на органічному паливі, або використовують вітрову і сонячну енергію. Суттєве значення має комплексне правове забезпечення діяльності об'єктів атомної енергетики, що визначається парадигмою сталого розвитку.

До 1995 р. в Україні взагалі не було законів, що встановлюють правову основу і принципи безпеки при використанні атомної енергії, які захищають життя, здоров'я, майно громадян і НПС від можливих негативних впливів використання атомної енергії. Однак упродовж останніх років у цій галузі відбулися значні зміни. Прийнято і працюють базові закони, що регулюють використання атомної енергії в країні [13–16]. Той факт, що в нормативному правовому масиві збільшилася питома вага законів (раніше в правовому регулюванні переважали підзаконні акти – урядові та відомчі), варто зазначити як позитивне явище. Тенденція до прийняття законодавчого регулювання відносин має служити фактором послідовної реалізації конституційного принципу поділу влади і побудови в Україні правової держави.

Водночас наявне правове забезпечення діяльності в галузі використання атомної енергії не можна визнати задовільним, таким, що повною мірою забезпечує інтереси розвитку ядерного енергетичного комплексу країни. По-перше, основні законодавчі акти, що регулюють питання використання атомної енергії, зокрема, закони про використання атомної енергії і про радіаційну безпеку населення, вимагають подальшого розвитку, внесення змін і доповнень в ті норми, які нині вже не відповідають інтересам галузі та не забезпечують її ефективного функціонування. По-друге, проведення сучасних

економічних і організаційних реформ і подальший розвиток правової системи країни, потребують узгодження з ними норм атомного законодавства, ставлячи перед останніми нові завдання (зокрема, розвиток форм власності та організаційно-правових форм організацій атомної енергетики, а також правового режиму їх майна; ліцензування видів діяльності з атомної тематики; державне регулювання тощо). По-третє, існують певні теоретико-правові проблеми здійснення державного регулювання та контролю за забезпеченням екологічної безпеки атомної енергетики, наприклад, що стосуються поєднання ДП НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» адміністративно-розпорядчих, контрольних функцій і елементів його правового статусу.

Нині детального нормативного регулювання вимагає проблема забезпечення екологічної безпеки в процесі використання атомної енергії. Як відомо, атомна енергетика є однією з небагатьох галузей людської діяльності, в якій прогнозування наслідків прийнятих проектних, конструкторських і технологічних рішень, а також наслідків дій обслуговуючого персоналу можливе лише засобами математичного моделювання фізичного експерименту.

Прямі фізичні «експерименти» типу аварії на ЧАЕС у Чорнобилі з оціненим збитком понад 200 млрд доларів знову і знову підтверджують обмеженість наших знань про природу виникнення і протікання важких аварій, недосконалість застосовуваних методів математичного моделювання результатів таких фізичних «експериментів».

Основний фактор екологічної небезпеки АЕС – можливість радіоактивного забруднення довкілля внаслідок аварійних техногенних викидів при роботі атомних РУ. Забруднення території України радіоактивними викидами при аварії на Чорнобильській АЕС не має аналогів ані за масштабами, ані за глибиною екологічних, соціальних і економічних наслідків. Унаслідок аварії було забруднено близько 12 млн га, з яких 8,4 млн га – сільськогосподарські угіддя. Крім того, донедавна нормативна база, що регламентує питання прогнозування можливих негативних наслідків, пов'язаних з експлуатацією АЕС, була далека від досконалості.

У післячорнобильський час з'явилося розуміння важливості аналізу невизначеностей у прогнозних оцінках екологічної безпеки. Тоді кинулися удосконалювати розрахункові коди, оснащувати АЕС додатковою вимірною та діагностичною апаратурою, удосконалювати наявні і створювати нові системи забезпечення ядерної безпеки, з'явилися перші тренажери для навчання персоналу. Однак такий підхід і системний аналіз мають супроводжувати процес використання атомної енергії не за фактом, а ще на етапі планування нових АЕС. У зв'язку з цим позитивне значення для забезпечення екологічної безпеки на об'єктах атомної енергетики може мати рецепція (з урахуванням української специфіки)

німецького досвіду щодо діяльності «екологічних уповноважених» на ядерних об'єктах. В українських умовах ефективно функціонування цього інституту має забезпечуватися комплексом правових, організаційних та фінансових заходів, що передбачають призначення цих осіб із числа провідних фахівців у галузі атомного та екологічного права, незалежність їх статусу і достатні фінансові гарантії діяльності «екологічних уповноважених».

Аналіз правових норм і принципів розвитку атомної енергетики в Україні, а також співвідношення із законодавством розвинених країн у цій галузі (США, Франція, Німеччина) показав доцільність включення в систему спеціальних настанов принципу обережності, що відображає аналіз небезпек і оцінку ризиків, іншого несприятливого впливу на НПС у процесі прийняття нормативних актів у цій сфері. Тоді реалізація такого підходу забезпечить безпечно використання атомної енергії при здійсненні Енергетичної стратегії України на період до 2030 р., затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України [4].

З огляду на наведене розпорядження, основними цілями правового регулювання у сфері атомної енергетики є:

- всебічний розвиток атомної енергетики (використання атомної енергії) для задоволення потреб народного господарства, науки і техніки;

- забезпечення радіаційної і ядерної безпеки осіб, що працюють із радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань, і всього населення;

- охорона НПС від можливого в результаті розвитку атомної енергетики радіоактивного і теплового забруднення;

- нейтралізація інших побічних негативних факторів, що можуть виникати під час виробництва та використання атомної енергії.

Варто підкреслити, що атомне право є комплексною галуззю і містить норми різних галузей права, в тому числі екологічного права (в частині охорони НПС від радіоактивного забруднення), і потребує подальшого розвитку та вдосконалення. Варто також зазначити, що зміна законодавства в сфері атомної енергетики неминуче тягне за собою перетворення і в інших галузях права (адміністративній, кримінальній тощо).

Історичні особливості розвитку нашої країни, високий рівень корупції та незначна увага до проблем екологічної безпеки показують, що в Україні необхідно всіляко посилювати екологічний контроль за об'єктами атомної енергетики. Такий контроль повинен мати максимально відкритий характер із метою недопущення зловживань та інших серйозних порушень. Цієї мети можна досягти шляхом залучення видатних екологів і фахівців з охорони навколишнього середовища для проведення незалежного контролю за дотриманням норм екологічного законодавства на АЕС.

Ефективне виконання цього завдання сприятиме підвищенню рівня довіри суспільства до атомної енергетики, що, своєю чергою, призведе до виключення в майбутньому цілого ряду проблем, пов'язаних із будівництвом нових та модернізацією чинних АЕС. Це також суттєво знизить ризики виникнення позаштатних ситуацій і посилить контроль із боку керівництва АЕС і ДП НАЕК «Енергоатом» загалом за екологічною безпекою на об'єктах атомної енергетики.

Таким чином, головне завдання екологічної політики, що проводить нині держава, полягає не в умінні діяти після аварій на підприємствах атомної галузі, а в пошуку можливостей уникнення таких аварій. Для виконання поставленого завдання необхідно зосередити зусилля на таких основних напрямках:

- 1) вдосконалення державного управління та координації робіт у сфері безпечного використання атомної енергії, включаючи питання організації перевезень ядерних матеріалів, радіоактивних речовин і виробів на їх основі, розвитку культури безпеки на об'єктах використання атомної енергії з урахуванням міжнародної практики;

- 2) вдосконалення державного регулювання безпеки у процесі використання атомної енергії, включаючи питання нормативного регулювання, державного контролю і нагляду за ядерною і радіаційною безпекою, підвищення ефективності ліцензійної діяльності та експертиз із безпеки в цій галузі, зокрема створення механізмів для проведення всебічної експертизи безпеки АЕС;

- 3) посилення захисту АЕС від можливого впливу небезпечних чинників техногенного та природного характеру, а також терористичних проявів, включаючи вдосконалення систем і засобів фізичного захисту об'єктів використання атомної енергії, підвищення їх проти диверсійної і антитерористичної стійкості;

- 4) кадрове забезпечення всіх видів робіт, що стосуються діяльності з використання атомної енергії і впливають на забезпечення безпеки, включаючи вдосконалення системи професійного відбору, підготовки, перепідготовки, підвищення кваліфікації з використанням сучасних генетичних, психофізіологічних і медичних методів діагностики стану здоров'я персоналу, що здійснює діяльність у сфері використання атомної енергії;

- 5) ліквідація та утилізація ядерно та радіаційно небезпечних об'єктів, експлуатація яких за функціональним призначенням припинена, ВЯП і РАВ та реабілітація радіаційно забруднених ділянок територій;

- 6) вдосконалення системи попередження надзвичайних ситуацій на АЕС і системи реагування на радіаційні аварії;

- 7) подальший розвиток міжнародного співробітництва в галузі ядерної, радіаційної та екологічної безпеки, попередження надзвичайних ситуа-



цій, організації аварійної готовності та аварійного реагування.

Нині Україна знаходиться на етапі, що вимагає прискорених і стійких темпів інноваційного розвитку атомної галузі. Це відповідає загальносвітовій проблемі збільшення енергоспоживання при одночасному зниженні негативного впливу на довкілля. Тому зростає роль нормативно-правового регулювання, перш за все, безпечного використання атомної енергії.

**Головні висновки.** Екологічна політика країни в сфері використання атомної енергії має бути спрямована на стабілізацію і поліпшення стану НПС шляхом інтеграції екологічної політики до соціально-економічного розвитку України для гарантування екологічно безпечного природного середовища для життя і здоров'я населення, впровадження екологічно збалансованої системи природокористування та збереження природних екосистем.

Для забезпечення екологічно безпечного використання АЕС треба:

- посилити роль екологічного управління в системі державного управління України з метою досягнення рівності між економічним, екологічним і соціальним розвитком;
- врахувати вплив екологічних наслідків під час прийняття управлінських рішень;
- розробити заходи для запобігання надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, що передбачає державний моніторинг НПС;
- забезпечити екологічну безпеку і підтримку екологічної рівноваги на території України;
- участь громадськості та суб'єктів господарювання у формуванні та реалізації природоохоронного законодавства;
- застосовувати покарання за порушення законодавства про охорону НПС;
- гарантувати надання державної підтримки та стимулювання вітчизняних суб'єктів господарювання, що здійснюють модернізацію виробництва, спрямовану на зменшення негативного впливу на НПС.

#### Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Міністерства палива та енергетики України від 26 березня 2008 р. / Кабінет Міністрів України. URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FIN38530.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN38530.html) (дата звернення: 12.02.2018).
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071-р / Кабінет Міністрів України. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1071-2013-%D1%80/paran4#n4> (дата звернення: 17.12.2017).
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р / Кабінет Міністрів України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80/paran6#n6> (дата звернення: 12.02.2018).
4. План розвитку Об'єднаної енергетичної системи України на 2016–2025 роки (проект). URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2016/12/Proekt-Planu-rozvytku-OES-Ukrayiny-na-2017-2026-roky.pdf> (дата звернення: 11.12.2017).
5. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання: Закон України від 14 січня 1998 р. / Верховна Рада України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/15/98-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 22.01.2018).
6. Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення: Закон України від 24 лютого 1994 р. № 4004-XII. Відомості Верховної Ради України. 1994. № 27. Ст. 218.
7. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. Ст. 546.
8. Матвеева І.В., Азаров С.І., Кутлахмедов Ю.О., Харламова О.В. Стійкість екосистем до радіаційних навантажень: монографія. Київ: НАУ, 2016. 394 с.
9. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23 травня 2017 року № 2059-VIII / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради. 2017. № 29. Ст. 315.
10. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Київ, 2003. 40 с.
11. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України від 21 грудня 2010 року № 2818-VI / Верховна Рада України.
12. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2818-17> (дата звернення: 05.03.2018).
13. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 / Кабінет Міністрів України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF> (дата звернення: 19.02.2018).
14. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Постанова Верховної Ради України від 18 лютого 1995 р. № 40/95-ВР / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 12. Ст. 81.
15. Про поведінку з радіоактивними відходами: Закон України від 30 червня 1995 р. № 255/95-ВР / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 27. С. 198.
16. Про дозвілну діяльність у сфері використання ядерної енергії: Закон України від 11 січня 2000 р. № 1370-XIV / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 2000. № 9. Ст. 68.
17. Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення: Закон України від 13 грудня 2001 р. № 2893-III / Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України. 2002 № 14. Ст. 96.