

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки
Кафедра екологічного права і контролю

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «Ядерна безпека в умовах перспективного розвитку
атомної енергетики України»

Виконав студент групи МЕК-19
Спеціальності 101 «Екологія»

Семенуха Володимир Ігорович

Керівник зав. навчальної лабораторії
«АРМ-еколога» кафедри екологічного
права і контролю
Грудев Петро Христофорович

Консультант к.геогр.н., доцент
Бургаз Олексій Анатолійович

Рецензент к.х.н., доцент
Вовкодав Галина Миколаївна

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інститут, факультет _____ магістерської _____
 Кафедра _____ екологічного права і контролю _____
 Рівень вищої освіти _____ магістр _____
 (шифр і назва)
 Спеціальність _____ 101 «Екологія», спеціалізація «Екологічний контроль та аудит» _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедрою О.Г.Владимирова
 к.геогр.н., доц. _____

“ _____ ” _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Семенуха Володимиру Ігоровичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Ядерна безпека в умовах перспективного розвитку атомної енергетики України»
 2. Керівник роботи Грудев Петро Христофорович,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом вищого навчального закладу від “16” жовтня 2020 року № 194С»
 3. Строк подання студентом роботи 1.12.2020 р.
 4. Вихідні дані до роботи джерела наукової, методичної та нормативно-правової інформації за темою роботи
 5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - 1 Атомна енергетика та ядерна безпека
 - 2 Сучасний стан та екологічні проблеми функціонування ядерної галузі в Україні
 - 3 Місце України та її участь у світовій системі ядерної безпеки
 4. Державне регулювання забезпечення ядерної безпеки України
 5. Забезпечення ядерної безпеки в умовах перспективного розвитку атомної енергетики
- Висновки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Перелік нормативно-правових документів України з питань забезпечення екологічної безпеки в ядерній галузі, показники стану функціонування атомної енергетики в Україні, фактори впливу на довкілля атомної енергетики

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2	Бургаз О.А., к.геогр.н., доцент		
5	Бургаз О.А., к.геогр.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 26.10.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Написання 1-го розділу магістерської роботи.	26.10.20 -	100	ВІДМ.
2	Написання 2-го розділу магістерської роботи.		95	ВІДМ.
3	Рубіжна атестація	16.11.20	98	ВІДМ.
4	Написання 3-го розділу магістерської роботи.		89	добре
5	Написання 4-го розділу магістерської роботи.		90	ВІДМ.
6	Написання 5-го розділу магістерської роботи.		100	ВІДМ.
7	Формулювання висновків магістерської роботи. Оформлення магістерської роботи	- 30.11.20		
8	Перевірка магістерської роботи науковим керівником, надання відгуку	1.12.20- 5.12.20		
9	Перевірка на антиплагіат	06.12.20-		
10	Перевірка магістерської роботи зав. кафедрою	07.12.20- 10.12.20		
11	Отримання рецензії	10.12.20- 14.12.20		
12	Попередній захист магістерської роботи на кафедрі	15.12.20- 16.12.20		
13	Надання магістерської роботи до деканату	16.12.20		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	ВІДМ.

Студент

(підпис)

Семенуха В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Грудев П.Х.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ядерна безпека в умовах перспективного розвитку атомної енергетики України.

Семенуха Володимир Ігорович.

Забезпечення екологічної безпеки в ядерній галузі, мінімізація її впливів на навколишнє середовище та населення, є і залишається в постчорнобильській Україні одним з головних національних пріоритетів.

Метою дослідження є: визначення напрямків вдосконалення системи забезпечення ядерної безпеки в умовах подальшого розвитку атомної енергетики України з урахуванням загальноєвропейських та міжнародних важелів.

Об'єктом дослідження є галузь атомної енергетики України. Предметом дослідження є стан ядерної безпеки в сучасних умовах та з урахуванням перспектив розвитку атомної енергетики.

Методом дослідження є системний аналіз сучасного стану та проблем функціонування ядерної галузі України, основних принципів і заходів забезпечення ядерної безпеки в сучасних умовах.

Результатом роботи є визначення напрямків вдосконалення системи забезпечення ядерної безпеки в умовах подальшого розвитку атомної енергетики України.

Отримані результати можуть бути використані органами влади при прийнятті управлінських рішень щодо вдосконалення системи забезпечення ядерної безпеки, а також можуть бути використані в навчальному процесі ОДЕКУ.

Робота складається зі вступу, 5-х розділів, висновків, переліку посилань з 35 джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 141 сторінки, у тому числі 3 таблиці та 5 рисунків.

Ключові слова: ядерна безпека, атомна енергетика, ядерно-паливний цикл.

SUMMARY

Nuclear safety in the conditions of perspective development of nuclear energy of Ukraine.

Semenukha Volodymyr Ihorovych.

Ensuring environmental safety in the nuclear sector, minimizing its impact on the environment and the population, is and remains one of the main national priorities in post-Chernobyl Ukraine.

The purpose of the study is: to determine areas for improving the system of nuclear safety in the further development of Ukraine's nuclear energy, taking into account European and international levers.

The object of research is the nuclear energy sector of Ukraine. The subject of the study is the state of nuclear safety in modern conditions and taking into account the prospects for the development of nuclear energy.

The research method is a systematic analysis of the current state and problems of the nuclear industry of Ukraine, the basic principles and measures to ensure nuclear safety in modern conditions.

The result of the work is to determine the areas of improvement of the nuclear safety system in the conditions of further development of nuclear energy of Ukraine.

The results obtained can be used by the authorities at making management decisions to improve the nuclear safety system, and can also be used in the educational process of OSENU.

The work consists of an introduction, 5 sections, conclusions, a list of references from 35 sources and appendices. The total volume of the work is 141 pages, including 3 tables and 5 figures.

Key words: nuclear safety, nuclear energy, nuclear fuel cycle.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЯДЕРНА БЕЗПЕКА.....	12
1.1 Становлення атомної енергетики.....	12
1.2 Ядерно-паливний цикл.....	16
1.3 Атомна енергетика як фактор впливу на довкілля.....	27
2 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЯДЕРНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ.....	44
2.1 Сучасний стан атомної енергетичної галузі України.....	44
2.2 Екологічні проблеми функціонування ядерної галузі в Україні.....	52
3 МІСЦЕ УКРАЇНИ ТА ЇЇ УЧАСТЬ У СВІТОВІЙ СИСТЕМІ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ.....	68
4 ДЕРЖАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ.....	74
5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	88
5.1 Принципи та засоби сучасного забезпечення ядерної безпеки в атомній енергетиці.....	88
5.2 Стан забезпечення безпеки ядерної галузі в країнах ЄС та впровадження європейського досвіду в Україні.....	101
5.3 Шляхи забезпечення ядерної безпеки в умовах перспективного розвитку атомної енергетики України.....	108
ВИСНОВКИ.....	120
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	133
ДОДАТКИ.....	137

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЕС – Європейський Союз;
АЕС – атомна електростанція;
ЯПЦ – ядерно-паливний цикл;
НКДАР - Науковий комітет ООН з дії атомної радіації;
ТВЕЛ –тепловиділяючий елемент;
РАВ – радіоактивні відходи;
ВВЕР – водо-водяний енергетичний реактор;
МАГАТЕ - Міжнародне агентство з атомної енергії;
АЯЕ – Агентство з ядерної енергії;
ВЯП – відпрацьоване ядерне паливо;
МОП – Міжнародна організація праці;
ВОЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я;
ООН – Організація Об'єднаних Націй;
ОІЯД – Об'єднаний інститут ядерних досліджень;
КМУ –Кабінет Міністрів України;
ССВЯП – сухе сховище відпрацьованого ядерного палива;
ЦСВЯП – центральне сховище відпрацьованого ядерного палива;
ПТЛРВ – пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів;
ДСОК - державна система обліку та контролю ядерних матеріалів;
НАН – Національна Академія наук;
ДІВ – джерела іонізуючого випромінювання;
ДСНС – Державна служба з надзвичайних ситуацій;
НКРЗУ – Національна комісія з радіаційного захисту населення України;
ТВЗ – тепловиділяюча збірка;
ЕК – Європейська Комісія;
ЕБРР – Європейський Банк з реконструкції та розвитку;
ЯЕК – ядерно енергетичний комплекс

ВСТУП

Відомо, світова економіка глобалізується, що в свою чергу викликає загальносвітову кризу сфери традиційної енергетики, останнє проявляється і на нашій економіці. В умовах дефіциту вугілля, що пов'язане із військовими діями на Донбасі, на тлі критичного погіршення відносин із Росією, відбувається тотальне зростання цін на енергоносії. Оскільки енергетична незалежність є суттєвим елементом процесу забезпечення незалежності будь-якої країни безумовно це є актуальним і для України.

Однією з найбільш динамічних галузей економіки є енергетика, яка сьогодні в усьому світі бурхливо розвивається. Відомо, зараз в ній домінує «вуглеводнева» складова, яка є найбільш поширеним, старим, кризовим в багатьох аспектах компонентом такої системи. За прогнозами, до 2035 р. інвестиції у світову енергетику складатимуть більше 18 мільярдів дол. Країни ЄС, передбачають значне збільшення обсягів енергоспоживання в найближчі роки. Більшість інших країн цілком ймовірно змушена буде вирішувати такі ж проблеми. Україна також, планує до 2035 р. більш ніж вдвічі збільшити обсяги виробництва електроенергії[1].

Інтенсивні темпи розвитку, що справляють вплив на довкілля, вимагають від енергетики при її подальшому розвитку врахування особливих вимог. Зокрема, це вимоги в сфері забезпечення пріоритетності розвитку енергоощадних технологій, підвищення ефективності енергоспоживання і поширення використання відновлюваних енергоджерел. Все це відбувається на тлі кризи використання вугілля, газу, нафти.

Економіка України успадкувала зі свого радянського минулого енергетичну галузь, з екстенсивними принципами будівництва в основі. Водночас зростання потреб енергоспоживання та криза використання вуглеводневих енергоносіїв сприяють відродженню ядерної енергетики. Ренесанс цієї галузі виводить її на особливе місце в системі енергетики, оскільки

вона вже зараз забезпечує більше половини загального обсягу виробництва електроенергії в Україні. Але використання ядерної енергії є потенційно небезпечним через високу ймовірність виникнення важких за наслідками техногенних аварій, незважаючи на її певне стабільне функціонування в останні роки.

Для України стратегічною метою є членство у ЄС. Одним з практичних кроків реалізації інтеграції з ЄС стало розширення співробітництва у багатьох сферах, зокрема в сфері енергетики. ЄС представляє Україну частиною єдиної європейської енергосистеми. В цьому контексті Україна і намагається втрутитися в процес перерозподілу енергетичного ринку Європи.

Завдяки викладеним вище причинам, значний внесок в виробництво енергії в разі приєднання України до європейської енергетичної системи, буде вносити саме ядерна енергетика. Тут виникають проблемні моменти збільшення потужності національної ядерної галузі з одного боку має на меті позитивний економічний ефект, але з другого – проблеми, що стоять сьогодні перед ядерною енергетикою, пов'язані насамперед з її впливом на навколишнє середовище і також є дуже серйозними, можуть поглибитись та з'явитись нові загрози. Ядерна енергетика в нашій країні стійко асоціюється з потужним джерелом екологічної безпеки.

В умовах появи нових загроз світі, пов'язаних із проявами міжнародного тероризму, забезпечення екологічної безпеки в ядерній галузі, мінімізація її впливів на навколишнє середовище та населення, є і залишається в постчорнобильській Україні одним з головних національних пріоритетів. Враховуючи таке Україна відіграє істотну роль в світовій системі ядерної безпеки, і виступає з одного боку як світовий приклад недбалого відношення до факторів виникнення ядерної безпеки, а з іншого як країна - активний учасник міжнародних відносин по створенню можливостей забезпечення безпеки цієї галузі.

В загальному визначенні ядерна безпека є однією з найважливіших складових екологічної безпеки і виражається в підтриманні такого стану

навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки і виникнення небезпеки для здоров'я людей в питаннях, пов'язаних з використанням будь-яких джерел іонізуючого випромінювання та дії радіаційних факторів.

Мета магістерської роботи полягає у дослідженні стану та проблем функціонування ядерної галузі України на сучасному етапі, характеристик впливів на довкілля, вивченні правових принципів регулювання забезпечення ядерної безпеки, дослідженні основних принципів та заходів забезпечення ядерної безпеки в умовах сучасності, визначення напрямків вдосконалення системи забезпечення ядерної безпеки з урахуванням перспектив подальшого розвитку атомної енергетики України на підставі європейських та міжнародних вимог.

1 АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЯДЕРНА БЕЗПЕКА

1.1 Становлення атомної енергетики

Відкриття розподілу ядер урану і оволодіння ядерною енергією є однією з найвизначніших за своїми наслідками наукових подій в історії людства. Людина одержала у своє розпорядження величезну, ні з чим не порівнянну силу, нове могутнє джерело енергії, закладене у ядрах атомів.

Такий розвиток подій безумовно був неминучим. Розвиток індустріального суспільства спирається на постійно зростаючий рівень виробництва і споживання різних видів енергії. Науково-технічний прогрес, підвищення якості продукції, поліпшення умов праці, інтенсифікація всього суспільного виробництва визначаються розвитком енергетики країни, основою якого є енергетична база. Тому закономірно, що у всіх розвинутих країнах інвестиції в паливно-енергетичний комплекс складають близько 40% сумарних капіталовкладень у промисловість[2].

Масштаби видобутку і витрати викопних енергоресурсів, металів, споживання води, повітря для виробництва необхідної людству кількості енергії величезний, а запаси ресурсів, обмежені. Проблема швидкого вичерпання запасів органічних природних енергоресурсів постає особливо гостро. Так утворюється до 400 млн. т сірчаного газу та оксидів азоту, тобто близько 70 кг шкідливих речовин на кожного жителя землі на рік, при спалюванні викопних вугілля і нафти щорічно.

В основі виробництва теплової та електричної енергії лежить процес спалювання викопних енергоресурсів — вугілля, нафти, газу. А в атомній енергетиці – розподіл ядер атомів урану і плутонію при поглинанні нейтронів. Таким чином, розвиток атомної енергетики знімає гостроту проблеми спалювання викопних ресурсів.

Розвиток атомної енергетики в другій половині ХХ ст. базувався багато в чому на сформованому енергетичному секторі воєнно-промислового комплексу – добре опанованих промислових реакторах, реакторах для підводних човнів, набутих знаннях і значному досвіді, з використанням вже створеного для таких цілей ядерного паливного циклу.

Запаси урану в земній корі оцінюються цифрою 10,414 тис. тон. Однак основна маса його знаходиться в розсіяному стані - у гранітних та базальтних породах[2].

Однак багатих родовищ урану, де видобуток був би недорогий, відомо порівняно небагато. Тому масу ресурсів урану, яку можна добути при сучасній технології і при помірних цінах, оцінюють у 1,455 тис. тон. Станом на грудень 2018 р. розвідані світові запаси урану складають 5,404 тис. т. Потреби в урані кожного року складають, за оцінками, 70 тис. т природного урану[3].

Важлива проблема сучасного індустріального суспільства забезпечення збереження природи, чистоти води, повітряного басейну. Наявність проблеми «парникового ефекту», що виникає через викиди вуглекислого газу при спалюванні органічного палива, і відповідного глобального потеплення клімату на нашій планеті викликає стурбованість вчених.

На відміну від традиційних джерел атомна енергетика не споживає кисню і має незначну кількість викидів при нормальній експлуатації. Можливість виникнення «парника» з важкими екологічними наслідками глобального потепління було б значною мірою усунуто, якщо б атомна енергетика замінила звичайну енергетику.

Важливо також, що атомна енергетика довела свою економічну ефективність у всіх районах планети. Навіть при великому масштабі енерговиробництва на АЕС атомна енергетика не створює особливих транспортних проблем, оскільки вимагає незначних транспортних витрат, а це звільняє людство від проблем постійних перевезень значних обсягів органічного палива.

Частка енерговироблення на АЕС у світі досягає майже 19% - завдяки чому атомна енергетика відіграє важливу роль у сучасному енерговиробництві. У 2018 році у світі налічувалося 448 АЕС із сумарною потужністю 361 529 МВт, 65 будувалися. Тридцять дві країни світу мають діючі АЕС, або такі що споруджуються.

В процесі швидкого розвитку атомної енергетики з двох основних типів енергетичних ядерних реакторів – на теплових і швидких нейтронах – найпоширенішими в світі стали реактори на теплових нейтронах.

Основою національної енергетики стали розроблені різними країнами типи та конструкції реакторів з різними уповільнювачами та теплоносіями. У США основними є водо-водяні реактори під тиском і киплячі реактори, у Канаді – важководні реактори на природному урані, у колишньому СРСР – водо-водяні реактори під тиском (ВВЕР) й урано-графітові киплячі реактори (РВПК – використовувались до 2000 р.).

У США експлуатується найбільша кількість АЕС (63 АЕС, 104 енергоблоки). Друге місце посідає Франція (58 енергоблоків), третє місце - Японія (до подій у березні 2011 року на АЕС «Фукусіма-1» експлуатувалося 54 енергоблоки). В Україні експлуатуються 4 АЕС (15 енергоблоків) із загальною потужністю 13835 МВт, що встановлена.

У деяких країнах переважаюча або досить значна частина електроенергії виробляється саме на АЕС: Литва – 81,1%, Франція – 79%, Бельгія – 58,2%, Великобританія – 23,41%, США – 20,9%, Росія – 18%. Діяльність у сфері використання ядерної енергії здійснюють понад 70 країн. У світі налічується усього понад 900 ядерних споруд та установок[3].

Наймасштабніше будівництво ядерних енергоблоків наразі здійснюється в Південно-Східній Азії. Так, у Китай буде 24 енергоблоки (в експлуатації – 14), ще 50 ядерних енергоблоків планується збудувати до 2050 року. Індія експлуатує 22 енергоблоки, що виробляють 2,5% електроенергії в країні, а до 2050 року частка електроенергії збільшиться до 25%.

Розвиток атомної енергетики, однак, в останні десятиліття був достатньо змінюваним, навіть істотно сповільнився, якщо брати до уваги загальний тренд. Частково таке уповільнення темпів росту пов'язано з загальною тенденцією до стабілізації енергопотреб, з успіхами енергозберігаючих технологій. Однак, головною причиною виявилися сумніви в можливостях досягнення необхідного рівня безпеки АЕС на базі сучасної технології, поширювані в суспільстві переконання у «шкідливості» атомної енергетики.

Великий вплив на відношення широкої громадськості до атомної енергетики мають аварії на атомних електростанціях, особливо аварія на АЕС «Тримайл айленд» (США), (відбулася 28 березня 1979 року), аварія на 4-ому блоці Чорнобильської АЕС, що сталася 26 квітня 1986 року (за своїми наслідками – найважча техногенна катастрофа), аварія на АЕС «Фукусіма» в Японії 12 березня 2011 року, викликана землетрусом та катастрофічним цунамі із досить важкими наслідками.

У ряді країн під впливом цих аварій піднімалась широка хвиля суспільного опору використанню об'єктів атомної енергетики, порушувана страхами про небезпеку впливу радіаційного випромінення на навколишнє середовище і населення. Згадані аварії породили сумнів у зрілості концепцій безпеки, закладених в основи проектів атомних електростанцій, достатності прийнятих заходів безпеки.

Оскільки лівову частку грошей атомні компанії почали спрямовувати на модернізацію існуючих реакторів, завдяки цьому інвестиції у нові потужності атомної енергетики зазнали особливо сильного зменшення, впавши на 70% до мінімуму за останні п'ять років,. Крім того, не в світі почала зростати загальна тенденція зростання популярності відновлюваних джерел енергії.

Певним чином мали місце й позитивні моменти - після кожної з вищезначених подій різко зростала інтенсивність наукових досліджень в сфері забезпечення безпеки об'єктів атомної енергетики. Однак велика кількість досліджень проблем безпеки АЕС, лише підтвердили впевненість фахівців в тім, що розумно високий ступінь безпеки АЕС може бути досягнутий на основі

сучасних знань і технологій, хоча і виявлялись певні недоліки, недогляди і навіть помилки в заходах забезпечення безпеки роботи АЕС.

Однак загалом, уроки аварій потребували підвищення властивостей самозахисності реакторів, винаходу та впровадження нових інженерних рішень забезпечення більш високого рівня безпеки за рахунок використання пасивних засобів захисту, вказали на необхідність перегляду концепцій забезпечення безпеки в цілому.

1.2 Ядерно-паливний цикл

Джерелом опромінення, навколо якого в усьому світі ведуться найбільш інтенсивні суперечки, є безумовно атомні електростанції, хоча в даний час вони вносять дуже незначний внесок у сумарне опромінення населення. При нормальній роботі ядерних установок викиди радіоактивних матеріалів у навколишнє середовище дуже невеликі.

Атомні електростанції є лише частиною ядерного паливного циклу (ЯПЦ), що починається з видобутку і збагачення уранової руди. Наступний етап — виробництво ядерного палива. Відпрацьоване в АЕС ядерне паливо іноді піддається вторинній обробці, щоб витягти з нього уран і плутоній. Закінчується цикл, як правило, захороненням радіоактивних відходів. Схема ядерного паливного циклу наведена на рис. 1.1[3].

Термін "іонізуюче випромінювання" характеризує будь-яке випромінювання, яке прямо або опосередковано викликає іонізацію навколишнього середовища (утворення позитивно і негативно заряджених іонів).

Особливістю іонізуючих випромінювань є те, що всі вони відзначаються високою енергією і викликають зміни в біологічній структурі клітин, які можуть призвести до їх загибелі. На іонізуючі випромінювання не реагують органи чуття людини, що робить їх особливо небезпечними.

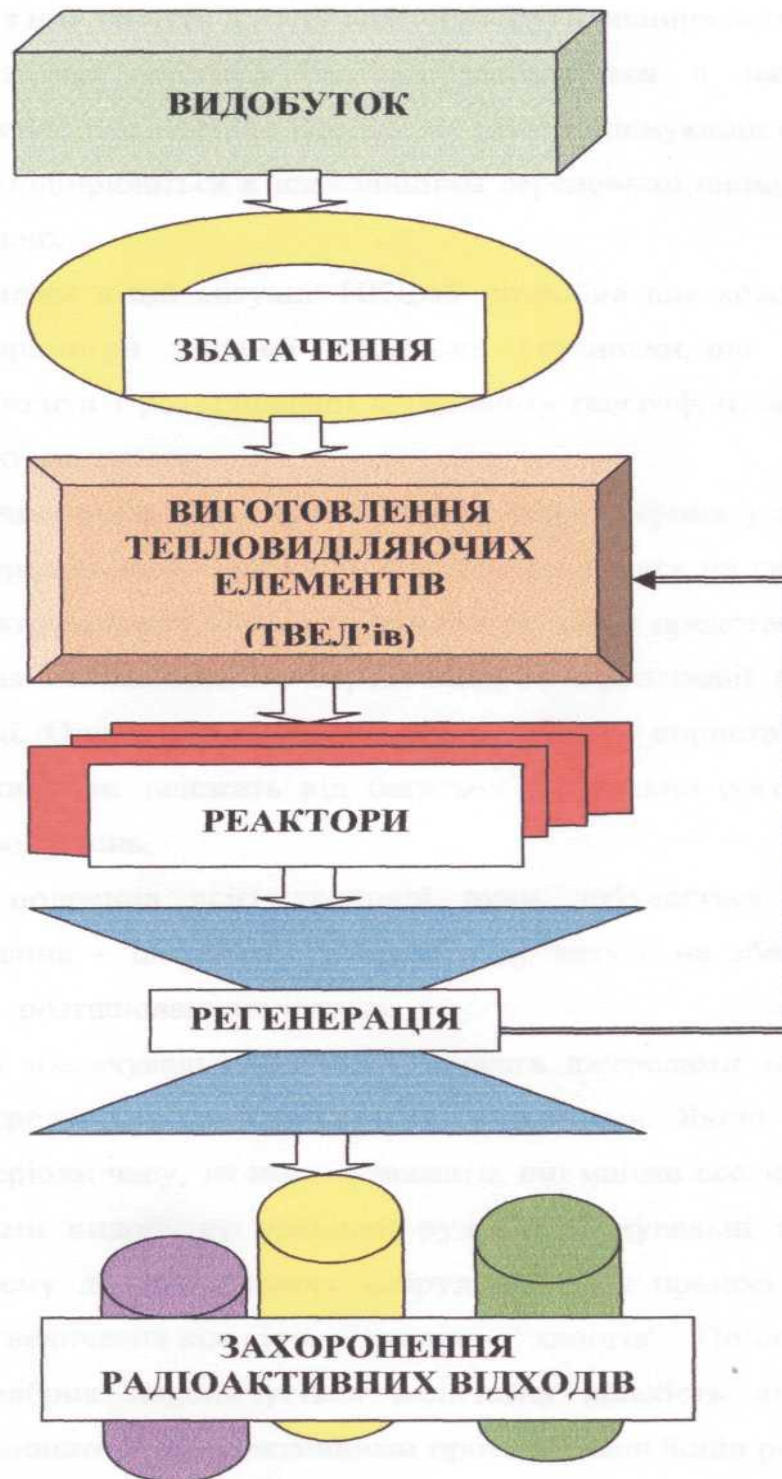


Рис. 1.1 – Схема ядерно-паливного циклу[3]

Щоб розібратися в цій ситуації НКДАР розробив для кожного етапу ядерного циклу параметри умовної модельної установки, що має типові

конструктивні елементи і розташовані в типовому географічному районі з типовою щільністю населення.

Відповідно, джерело іонізуючого випромінювання (ДІВ) - об'єкт, що містить радіоактивний матеріал або технічний пристрій, що випускає або здатне в певних умовах випускати іонізуюче випромінювання.

Іонізуюче випромінювання існує протягом всього періоду існування Землі, воно поширюється в космічному просторі. Початок дослідженням впливу іонізуючого випромінювання на організм людини поклали дослідження після відкриття явища радіоактивності в 1896 р французьким вченим Анрі Беккерелем, а продовжені Марією і П'єром Кюрі, які в 1898 році прийшли до висновку, що випромінювання радію є результатом його перетворення в інші елементи. Характерним прикладом такого перетворення є ланцюгова реакція перетворення урану-238 в стабільний нуклід свинцю-206 [1].

На кожному етапі такого перетворення вивільняється енергія, яка далі передається у вигляді випромінювань. Відкриттю Беккереля та дослідженню Кюрі передувало відкриття невідомих променів, які в 1895 році німецький фізик Вільгельм Рентген назвав Х-променями, в подальшому в його честь названими рентгенівськими.

Перші ж дослідження радіоактивних випромінювань дали можливість встановити їх небезпечні властивості. Про це свідчить те, що понад 300 дослідників, які проводили експерименти з цими матеріалами, померли внаслідок опромінення.

Всі джерела іонізуючого випромінювання поділяються на природні і штучні (антропогенні).

Природними джерелами іонізуючих випромінювань є космічні промені, а також радіоактивні речовини, які знаходяться в земній корі, повітрі, воді, в основному продукти розпаду радону, торію і радію.

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські установки, штучні радіоактивні ізотопи, прилади засобів зв'язку високої напруги тощо.

Рентгенівське випромінювання виникає в результаті зміни стану енергії електронів, які знаходяться на внутрішніх оболонках атомів, і має довжину хвилі $(1000 - 1) \cdot 10^{-12}$ м. Це випромінювання є сукупністю гальмівного та характеристичного випромінювання, енергія фотонів яких не перевищує 1 МеВ [2].

Характеристичним називають фотонне випромінювання з дискретним спектром, що виникає при зміні енергетичного стану атома.

Гальмівне випромінювання - це фотонне випромінювання з безперервним спектром, яке виникає при зміні кінетичної енергії заряджених частинок.

Рентгенівські промені проходять тканини людини наскрізь.

Гамма (γ) -випромінювання виникають при порушенні ядер атомів або елементарних частинок. Довжина хвилі $(1000 - 1) \cdot 10^{-10}$ м.

Джерелом γ -випромінювання є ядерні вибухи, розпад ядер радіоактивних речовин, вони утворюються також при проходженні швидких заряджених частинок крізь речовину. Завдяки значній енергії, яка знаходиться в межах від 0,001 до 5 МеВ у природних радіоактивних речовин та до 70 МеВ при штучних ядерних реакціях, це випромінювання може іонізувати різні речовини, а також характеризується великою проникаючою здатністю, γ -випромінювання проникає крізь великі товщі речовини. Поширюється воно зі швидкістю світла і використовується в медицині для стерилізації приміщень, апаратури, продуктів харчування.

Альфа (α) - випромінювання - іонізуюче випромінювання, яке складається з α -частинок (ядер гелію), які утворюються при ядерних перетвореннях і рухаються зі швидкістю близько 20 000 км / с. Енергія α -частинок - 2-8 МеВ. Вони затримуються аркушем паперу, практично не здатні проникати крізь шкіряний покрив. Тому α -частинки не несуть серйозної небезпеки доти, поки вони не потраплять всередину організму через відкриту рану або через кишково-шлунковий тракт разом з їжею, α -частинки проникають в повітрі на 10-11 см від джерела, а в біологічних тканинах на 30-40 мкм.

Бета (β) - випромінювання - це електронне та позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при ядерних перетвореннях. Швидкість β -частинок близька до швидкості світла. Вони мають меншу іонізуючу і більшу проникаючу здатність в порівнянні з α -частинками. β -частинки проникають в тканини організму на глибину до 1-2 см, а в повітрі - на декілька метрів. Вони повністю затримуються шаром ґрунту товщиною 3 см.

Потоки нейтронів і протонів виникають при ядерних реакціях, їх дія залежить від енергії цих частинок.

Контакт з іонізуючим випромінюванням являє собою серйозну небезпеку для життя і здоров'я людини.

Іонізуюче випромінювання характеризується періодом напіврозпаду (від секунд до млн. Років), активністю (числом радіоактивних перетворень за одиницю часу). Активність у міжнародній системі (СІ) вимірюється в бекерелях (Бк), а позасистемною одиницею є кюрі (Ки). Один Ки = 37×10^9 Бк. Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання й оцінюється дозою іонізуючого випромінювання. Останнє визначається для повітря, речовини і біологічної тканини. Відповідно розрізняють експозиційну, поглинену та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізуючу спроможність випромінювання в повітрі, вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл / кг); позасистемна одиниця - рентген (Р); $1 \text{ Кл / кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р}$. За експозиційної дози можна визначити потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинена доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, яке поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в греях Гр ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж / кг}$). Застосовується і позасистемна одиниця рад ($1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр} = 0,01 \text{ Дж / кг}$).

Доза, яку отримує людина, залежить від виду випромінювання, енергії, щільності потоку і тривалості впливу. Проте поглинута доза іонізуючого

випромінювання не враховує того, що вплив на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювань неоднаковий. Щоб врахувати цей ефект, введено поняття еквівалентної дози випромінювань. В системі СІ еквівалентна доза виражається в зіверт (Зв). Позасистемної одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада). $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$. Для оцінки еквівалентної дози, отриманої групою людей (персонал об'єкту народного господарства, жителі населеного пункту і т.п.), використовується поняття колективна еквівалентна доза (Декв.к.) - це середня для населення доза, помножена на чисельність населення (у людину зіверт) [3].

Радіаційний фон Землі, або природній радіаційний фон складається з трьох компонент [4]:

- 1) космічне випромінювання;
- 2) випромінювання від розсіяних в земній корі, повітрі та інших об'єктах зовнішнього середовища природних радіонуклідів;
- 3) випромінювання від штучних (техногенних) радіонуклідів.

Опромінення за критерієм розташування джерел випромінювання ділиться на зовнішнє і внутрішнє. Зовнішнє опромінення обумовлено джерелами, розташованими поза тілом людини. Джерелами зовнішнього опромінення є космічне випромінювання.

Спостереження за населенням окремих регіонів Землі з рівнем природного фону у багато разів перевищує середні значення, виявили будь-яких несприятливих впливів на здоров'я людей, тут суших. Доза опромінення залежить від способу життя людей. Застосування деяких будівельних матеріалів, використання газу для приготування їжі, відкритих вугільних жаровень, герметизація приміщень і навіть польоти на літаках - все це збільшує рівень опромінення за рахунок природних джерел радіації. Земні джерела радіації в сумі відповідають за більшу частину опромінення, якому піддається людина за рахунок природної радіації. В середньому вони забезпечують більш $5/6$ річної ефективної еквівалентної дози, одержуваної населенням, в основному

внаслідок внутрішнього опромінення. Іншу частину вносять космічні промені, головним чином шляхом зовнішнього опромінення.

Радіоактивність в природі обумовлена поширенням природних радіоактивних елементів і ізотопів в різних природних утвореннях: мінералах і гірських породах, атмосфері, гідросфері, біосфері, а також в космічних тілах. Природні радіонукліди, природно розподілені на поверхні і в надрах Землі, в приземному шарі атмосфери, гідросферу і всіх живих організмах, що населяють планету.

В результаті процесів радіоактивного розпаду Земля отримує деяку кількість теплової енергії ($1,35 * 10^{13}$ ккал / сек), що приблизно відповідає тій кількості тепла, яке Земля втрачає на радіаційний в світовий простір. Цією енергією обумовлено збільшення температури з глибиною (геотермічний градієнт).

Вклади від різних джерел в опромінення варіюється в просторі і часі. Причому, внесок від природного фону постійний. Так, вклад радону в дозове навантаження становить 40-50% загальної експозиційної річної дози людини.

Під природним (природним) фоном випромінювання (природний радіаційний фон - Прф) розуміється ефективна доза іонізуючого випромінювання, що створюється всіма складовими Прф. За сучасними поглядами, загальна середня річна індивідуальна ефективна доза на душу населення в світі оцінюється рівній 2208 мкЗв (220,8 мбер), що відповідає річній колективної еквівалентної дози (КЕД) 107 чол-Зв (109 чол-бер). Однак внесок різних складових у зовнішнє і внутрішнє опромінення населення неоднаковий [4].

Природні джерела іонізуючого випромінювання обумовлюють як зовнішнє опромінення (космічне випромінювання; випромінювання радіонуклідів, присутніх у земній корі і будівельних матеріалах), так і внутрішнє, пов'язане з надходженням радіонуклідів природного походження при диханні або через травний тракт.

Відповідно до даних, наведених в ряді джерел дозові навантаження жителів планети від природних джерел випромінювання в узагальненому вигляді складають наступні значення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Річна ефективна доза від природних джерел в районах з нормальним радіаційним фоном, мкЗв / год (мбер / рік)

Джерела опромінення	Зовнішнє опромінення	Внутрішнє опромінення	Сумарна доза опромінення
Космічне опромінення			
Фотонна компонента	240 (24,0)	----	240 (24,0)
Корпускулярна (нейтронна)	42 (4,2)	-----	42 (4,2)
Космогенні радіонукліди	----	15 (1,5)	15 (1,5)
Земні радіонукліди			
^{238}U , ^{234}U		5 (0,5)	1239 (123,9)
^{230}Th		7 (0,7)	
^{226}Ra	100 (10,0)	7 (0,7)	
^{222}Rn , ^{210}Po		1000 (100,0)	
^{210}Pb , ^{210}Po		120 (12,0)	
ториєвий ряд			
^{232}Th	160 (16,0)	3 (0,3)	336 (33,6)
^{228}Ra и ^{214}Po		13 (1,3)	
^{210}Rn и ^{208}Tl		160 (16,0)	
Радіонукліди поза рядами			
^{40}K	150 (15,0)	180 (18,0)	330 (33,0)
^{87}Pb		6 (0,6)	6 (0,6)
Всього	692 (69,2)	1516 (151,6)	2208 (220,8)

Характерною особливістю випромінювання природних джерел є те, що воно впливає на населення Землі з відносно постійною потужністю дози протягом дуже тривалого періоду часу.

Деякі зі складових загальної дози опромінення за рахунок Ерф досить постійні в часі і просторі і практично не залежать від людської діяльності. Йдеться про дозах від перорального надходження і доз за рахунок інгаляційного і перорального надходження космогенних радіонуклідів (^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{22}Na , ^{24}Na) внаслідок щодо рівномірного їх розподілу над поверхнею Землі. Але є і такі складові дози опромінення, які залежать від людської

діяльності і які в даний час сильно змінюються. Наприклад, дози за рахунок інгаляції радону (^{222}Rn), торону (^{220}Rn) і продуктів їх розпаду при перебуванні людини в приміщенні визначаються особливостями конструкції будівель, використуваних будівельних матеріалів, систем вентиляції і т.п.

Природна радіоактивність, біосфери як уже підкреслювалося, обумовлена космогенного і теригенними (земного походження) радіонуклідами.

Зовнішнє опромінення населення за рахунок природного радіаційного фону обумовлено низкою факторів. Одним з них є космічне випромінювання, внесок якого в індивідуальну річну еквівалентну дозу (ЕД) на рівні моря дорівнює 282 мкЗв (28,2 мбер), що становить 12,8% від природного фону. В межах до 10000 м над рівнем моря потужність дози космічного випромінювання через кожні 1500 м висоти подвоюється. На висотах від 10 до 20 км вона змінюється в діапазоні від 1,8 до 8 сЗв (бер) / рік. На висотах 10-12 км, відповідних трасах трансконтинентальних авіалайнерів, потужність дози дорівнює 0,002-0,004 Зв / год. Радіаційний фон, створюваний космічними променями, дає приблизно 40% зовнішнього опромінення, одержуваного населенням від природних джерел радіації.

Протягом більш ніж 4,5 млрд. Років, що відповідає сучасним оцінками віку сонячної системи, її еволюція від пилогозової туманності до білкових структур міцно пов'язана з космосом як джерелом випромінювання. Космічні промені в основному приходять до нас з глибин Всесвіту. Деяка їх частина народжується на Сонці під час сонячних спалахів [4].

Найбільш ймовірні джерела галактичних космічних променів - спалахи наднових зірок і утворюються при цьому пульсари. Космічні промені - унікальний природний джерело частинок надвисоких енергій, що дозволяє вивчати процеси взаємодії елементарних частинок і їх структуру. Багато небесні тіла (наприклад, сонячна корона, Місяць, поверхня якої бомбардують частинки високої енергії, випущені Сонцем) є природними джерелами рентгенівського випромінювання.

Космічне випромінювання складається з частинок, захоплених магнітним полем Землі, галактичного космічного випромінювання і корпускулярного випромінювання Сонця. До його складу входять електрони, протони і α -частинки, а також ядра деяких легких елементів. Це так зване первинне космічне випромінювання. При взаємодії первинного космічного випромінювання з ядрами атомів, присутніми в атмосфері Землі, протікає безліч ядерних реакцій. В результаті утворюються ядра нових легких елементів, а також мюони, нейтрони, рентгенівське і γ -випромінювання. Це так зване вторинне космічне випромінювання. На рівні моря випромінювання складається майже повністю з мюонів (переважна частина) і нейтронів. Вплив на живі організми вторинного космічного випромінювання більш слабке, ніж первинного, так що атмосфера виступає як щит, що прикриває життя на Землі від шкідливих посланців космосу. При проходженні космічного випромінювання через атмосферу відбувається іонізація молекул газів, так що воно може бути віднесено до іонізуючого випромінювання.

Поглинена потужність дози космічного випромінювання в повітрі на рівні моря дорівнює 32 нГр / год і формується в основному мюонами. Для нейтронів на рівні моря потужність поглиненої дози становить 0,8 нгр / год і потужність еквівалентної дози становить 2,4 Нзв / год. За рахунок космічного випромінювання більшість населення отримує дозу, рівну близько 0,35 мЗв на рік. Космічному зовнішньому опроміненню піддається вся поверхня Землі. Однак опромінення це нерівномірне. Інтенсивність космічного випромінювання залежить від сонячної активності, географічного положення об'єкта і зростає з висотою над рівнем моря. Найбільш інтенсивно воно на Північному і Південному полюсах, менш інтенсивно в екваторіальних областях. Причина цього - магнітне поле Землі, що відхиляє заряджені частинки космічного випромінювання. Варіації іонізуючої складової космічного випромінювання викликаються і магнітним полем Землі, що відхиляє первинні порушені космічні ядра. Потужність ефективної дози, викликаної іонізуючої компонентою космічного випромінювання на

відкритому повітрі на рівні моря, становить на екваторі величину порядку 260-270 мкЗв / год, в північних широтах - 270-290 мкЗв / рік [4].

Сонячні спалахи представляють велику радіаційну небезпеку під час космічних польотів. Космічні промені, що йдуть від Сонця, в основному складаються з протонів широкого енергетичного спектра (енергія протонів до 100 MeV), Заряджені частинки від Сонця здатні досягати Землі через 15-20 хв після того, як спалах на його поверхні стає видимою. Загальна тривалість спалаху може досягати декількох годин.

Найбільший ефект дії космічного зовнішнього опромінення пов'язаний із залежністю космічного випромінювання від висоти. При збільшенні висоти проживання людей збільшується і отримується ними ефективна доза. З висотою, в межах коливань рельєфу Землі, на кожні сто метрів над рівнем моря, річна ефективна доза збільшується на 10 мкЗв за рахунок зменшення шару атмосфери. Починаючи з висоти 1,5-2,0 км, цей приріст збільшується.

Так, при підйомі з висоти 4000 м (максимальна висота, на якій розташовані людські поселення: села шерпів на схилах Евересту) до 12000 м (максимальна висота польоту трансконтинентальних авіалайнерів) рівень опромінення за рахунок космічних променів зростає в 25 разів. Рівень опромінення росте з висотою, оскільки зменшується екранує шар повітря. На висоті 8 км потужність ефективної дози становить 2 мкЗв / год, що призводить до додаткового опромінення при авіаперебезеннях. При трансконтинентальних перельоті на звичайному турбогвинтовому літаку, що летить зі швидкістю нижче швидкості звуку (Тполіту $\approx 7,5$ години), індивідуальна доза, одержувана пасажиром - 0,05 мЗв (50 мкЗв). Колективна ефективна доза від глобальних авіаперебезень досягає 2000 чол-Зв, що складає на душу населення в світі в середньому близько 0,001 мЗв / рік, а в Північній Америці 0,01 мЗв / рік [4].

Природні штучні (космогенні) ізотопи - утворюються під впливом як космічного випромінювання, так і природного випромінювання Землі. Назва їх трохи штучне, але воно досить точно характеризує суть значної кількості ізотопів, що існують в природі і що утворилися під дією різного роду

природних ядерних реакцій, викликаних космічних випромінюваннями в атмосфері і під дією природних альфа, нейтронних і гамма-випромінювачів в земній корі. Ці ізотопи, природно нічим не відрізняються від отриманих штучно-техногенним шляхом. Від самого початку існували радіонуклідів (U, Th, K-40 і ін.) Вони відрізняються значно меншим періодом напіврозпаду і їх досить постійна кількість в атмосфері, гідросфері і ґрунтах підтримується за рахунок постійно йдуть ядерних реакцій в цих сферах.

Космогенні радіонукліди постійно виникають в стратосфері і верхній тропосфері (а частково і в літосфері) за рахунок взаємодії первинного космічного випромінювання (протонів і нейтронів) з ядрами стабільних атомів, присутніх в повітрі (азот, кисень, аргон та ін.).

В результаті ядерних реакцій утворюються радіонукліди, наприклад, радіоактивні ядра ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{22}Na , ^{32}P , ^{35}S і ін. З них тільки чотири (тритій, берилій-7, вуглець-14 і натрій-22) мають значення з точки зору формування дозових навантажень на людину за рахунок внутрішнього опромінення (ці ізотопи надходять з їжею в організм людини). Створюються дози порядку 15 мкЗв-менш 1% від Ерф.

Доросла людина споживає з їжею 95 кг вуглецю на рік при середній активності на одиницю маси вуглецю 230 Бк / кг. Таким чином, сумарний внесок космогенних радіонуклідів в індивідуальну дозу складає 0,015 мЗв / рік.

Всі означені вище фактори безумовно впливають на стан навколишнього природного середовища.

1.3 Атомна енергетика як фактор впливу на довкілля

Головним фактором впливу атомної енергетики на навколишнє середовище, що може мати негативні наслідки безумовно є радіація. Стверджуючи це, мається на увазі в першу чергу вплив на людський організм.

Вплив радіації на організм може бути різним, але майже завжди він негативний. У малих дозах радіаційне випромінювання може стати

каталізатором процесів, що приводять до раку або генетичних порушень, а в більших дозах часто приводить до повної або часткової загибелі організму внаслідок руйнування клітин тканин.

Теригенні радіонукліди з'явилися на Землі в момент її утворення і представлені двома групами (рядами): радіоактивними сімействами урану-радію і торію, а також калієм-40, рубідій-87 і деякими іншими довгоживучими радіонуклідами, що стоять в середній частині Періодичної системи елементів. Періоди їх напіврозпаду дуже великі (мільярди років), і тому природний фон, обумовлений теригенними радіонуклідами, як правило, досить постійний для даного місця.

В даний час на Землі збереглося 23 довгоживучих радіоактивних елемента з періодами напіврозпаду від 107 років і вище, з різними фізичними характеристиками.

Природна радіоактивність літосфери зумовлена присутністю в складають її геологічних утвореннях радіоактивних ізотопів U, і K, K, Rb і ін. В земній корі найбільш підвищені концентрації трьох радіоактивних елементів: урану ($2,5 \cdot 10^{-4}\%$, 2,5 г / т), торію ($1,3 \cdot 10^{-3}$, 13 г / т) і калію-40 (2,5%). Основні радіоактивні ізотопи, що зустрічаються в гірських породах Землі, це калій-40, рубідій-87 і члени двох радіоактивних сімейств, що беруть початок, відповідно, від урану-238 і торію-232 - довгоживучих ізотопів, що включилися до складу Землі із самого її народження. З цієї причини гірські породи вулканічного походження (особливо граніти) в порівнянні з осадовими (за винятком сланців) мають більшу активність [4].

З усіх теригенних радіонуклідів слід підкреслити особливу значимість калію-40, який набув значного поширення в природі і, будучи біогенним елементом, в основному обумовлює природну радіоактивність рослинних і тваринних організмів, у тому числі і тіла людини).

Складність у відстеженні послідовності процесів, викликаних опроміненням, пояснюється тим, що наслідки опромінення, особливо при

невеликих дозах, можуть виявитися не відразу, і найчастіше для розвитку хвороби потрібні роки або навіть десятиліття.

Незважаючи на те, що радіоактивні елементи зустрічаються в тих чи інших кількостях повсюдно, розподіл їх у земній корі дуже нерівномірно. Найбільш високі концентрації урану властиві вивержених (магматическим) породам, особливо гранітам. Високі концентрації урану також можуть бути приурочені темнокольоровим сланцям, осадовим породам, що містить фосфати, а також до метаморфічних порід, що утворився з цих відкладень. Природно, що і ґрунту, і уламкові відкладення, що утворилися в результаті переробки вищеназваних порід, також будуть збагачені ураном.

За радіоактивності породообразующие мінерали поділяють на чотири групи [4].

1). Найбільшою радіоактивністю відрізняються мінерали урану (первинні - уран, настуран, вторинні - карбонати, фосфати, сульфати уранила і ін.), Торію (торіаніт, торує, монацит і ін.), А також знаходяться в розсіяному стані елементи сімейства урану, торію та ін.

2). Високою радіоактивністю характеризуються широко поширені мінерали, що містять калій-40 (польові шпати, калійні солі).

3). Середній радіоактивністю відрізняються такі мінерали, як магнетит, лимони, сульфідні і ін.

4). Низькою радіоактивністю володіють кварц, кальцит, гіпс, кам'яна сіль і ін.

В цілому радіоактивність гірських порід визначається радіоактивністю породоутворюючих мінералів. Залежно від якісного і кількісного складу мінералів, умов освіти, віку і ступеня метаморфізму їх радіоактивність змінюється в широких межах.[4]

До практично нерадіоактивним відносяться такі осадові породи, як ангідрит, гіпс, кам'яна сіль, вапняк, доломіт, кварцовий пісок та ін. Середній радіоактивністю відрізняються - піщаник, глина і особливо тонкодисперсний морської мул, який має здатність адсорбувати радіоактивні елементи, розчинені

у воді. Радіоактивні руди (від бідних до багатих) зустрічаються на уранових або ураново-торієвих родовищах ендегенного і екзогенного походження. Їх радіоактивність змінюється в широких межах і залежить від вмісту урану, торію, радію і інших елементів.

З радіоактивністю гірських порід тісно пов'язана радіоактивність природних вод і газів. В цілому в гідросфері і атмосфері вміст радіоактивних елементів мізерно мало. Підземні води можуть мати різну радіоактивність. Особливо велика вона у підземних вод радіоактивних родовищ і вод сульфидно-барієвого і хлоридно-кальцієвого типів. Радіоактивність ґрунтового повітря залежить від кількості еманції (виділення) таких радіоактивних газів, як радон, торон, актинон. Її прийнято виражати коефіцієнтом еманірованія порід (ϵ), що є відношенням кількості виділилися в породу довгоживучих еманцій (в основному радону-222 з найбільшим періодом напіврозпаду) до загальної кількості еманції. У масивних породах $\epsilon = 5 - 10\%$, в пухких тріщинуватих $\epsilon = 40 - 50\%$, тобто збільшується з ростом коефіцієнта дифузії.

Крім загальної концентрації радіоактивних елементів, важливою характеристикою радіоактивності середовищ є енергетичний спектр випромінювання або інтервал розподілу енергії. Відомо, що кожен радіоактивний елемент характеризується певним енергетичним спектром. Наприклад, для урано-радієвого ряду максимальна енергія гамма-випромінювання не перевищує 1,76 МеВ, а сумарний спектр 0,65 МеВ, для торієвого ряду аналогічні параметри складають 2,62 і 1 МеВ. Енергія гамма-випромінювання калію-40 постійна (1,46 МеВ). За сумарною інтенсивності гамма-випромінювання можна оцінити наявність і концентрацію радіоактивних елементів, а, аналізуючи спектральну характеристику (енергетичний спектр), можна визначити концентрацію урану, торію або калію-40 в окремо[4].

Висока міграційна здатність радію і радону створює навколо уранових родовищ ореоли підвищеної активності ґрунтового повітря (так звані радіоактивні аномалії).

З ізотопів радію утворюється рухливий компонент - радіоактивний інертний газ - радон, що вносить основний вклад в дозове навантаження на людину. Основними джерелами радону є гірські і осадові породи, що містять уран (радій).

Радіоактивність ґрунтів залежить насамперед від активності материнських гірських порід, а також інтенсивності процесів обміну радіонуклідів між ґрунтами і ґрунтовими водами, змісту в ґрунтах води, органічних речовин та інших факторів. При цьому найбільшою радіоактивністю володіють сіроземи, найменшою – торфовища.

Крім того, внаслідок різної проникаючої здатності різних видів радіоактивних випромінювань вони по-різному впливають на організм: альфа-частки найнебезпечніші, однак для такого випромінювання навіть аркуш паперу є непереборною перешкодою; бета-випромінювання здатне проходити в тканини організму на глибину один-два сантиметра; найбільш проникаючим є гамма-випромінювання (випромінювання характеризується найбільшою проникаючою здатністю: його може затримати лише товста плита з матеріалів, що мають високий коефіцієнт поглинання, наприклад, з бетону або свинцю)[4].

Природна радіоактивність знайшла застосування в геології. Еманаційних зйомка (заснована на виділенні з ґрунтовим повітрям радіоактивних газів), наземна радіометр, гамма-аерозйомка і гамма-карротаж свердловин є ефективними методами пошуку уранових родовищ і покладів калійних солей. Велике значення мають також радіологічні методи визначення абсолютного віку геологічних утворень, морських і озерних відкладень, що використовують сталість швидкості радіоактивного розпаду в якості еталону часу [1].

Природні радіонукліди і продукти їх розпаду, перебуваючи в об'єктах навколишнього середовища, є джерелом зовнішнього опромінення, а при попаданні всередину організму через органи дихання і шлунково-кишковий тракт всмоктуються, в тій чи іншій мірі затримуються в органах і тканинах, внаслідок чого відбувається внутрішнє опромінення. У багатьох рослинних і тваринних організмів відзначається здатність до накопичення радіонуклідів.

Таким чином, дози випромінювання над поверхнею Землі, створювані природними радіонуклідами, визначаються, перш за все, їх змістом в ґрунті, де їх концентрація залежить від радіоактивності почвообразуючих гірських порід, від процесів вилуговування ґрунтів ґрунтовими водами, сорбції радіонуклідів ґрунтами і осадження їх з ґрунтових вод.

Уран і торій широко поширені в навколишньому середовищі і є основним джерелом радіоактивності ґрунту, що необхідно враховувати при будівництві жител. Типова їх активність у вихідних продуктах будівельних матеріалів, яка варіює від 0,02 Бк / г спільно урану і торію в піску, сланцях або вапняку до 0,60 Бк / г для торію в граніті.

Середня ефективна доза зовнішнього опромінення, яку людина отримує за рік від земних джерел природної радіації, становить приблизно 350 мкЗв, тобто трохи більше середньої індивідуальної дози опромінення через радіаційного фону, створюваного космічними променями на рівні моря.

Також різняться чутливість окремих органів до радіоактивного випромінювання. Тому, щоб одержати найбільш достовірну інформацію проступінь ризику, необхідно враховувати відповідні коефіцієнти чутливості тканин при розрахунку еквівалентної дози опромінення:

- 0,03 - кісткова тканина;
- 0,03 - щитовидна залоза;
- 0,12 - червоний кістковий мозок;
- 0,12 – легені;
- 0,15 - молочна залоза;
- 0,25 - яєчники або семенники;
- 0,30 - інші тканини;
- 1,00 - організм у цілому.

Ефективна доза зовнішнього випромінювання, обумовлена всіма природними радіонуклідами, коливається від 3,2 до 8,1 мЗв / рік (31,5-81 мбер / рік), складаючи в середньому 41 мбер / рік. При цьому довгоживучі теригенні радіонукліди, що містяться в об'єктах навколишнього середовища, створюють

на висоті 1 м над поверхнею Землі поза приміщеннями середню потужність поглиненої дози в повітрі $4,6 * 10^{-2}$ мкГр / год (4,6 мкрад / ч) [4].

З природних радіонуклідів найбільший внесок у формування дози зовнішнього опромінення (поряд з радієм і торієм) вносить калій-40 ($T_{1/2} = 1,3 * 10^9$ років). Калій є одним з найбільш широко поширених елементів в природі. Перебуваючи всюди в навколишньому середовищі (в ґрунті, рослинах та ін.), Калій обумовлює значне зовнішнє опромінення (150 мкЗв / рік), або близько 7% від усього природного радіаційного фону.

Природне випромінювання Землі значним чином обумовлено також природною радіоактивністю повітря і природних вод.

Природна радіоактивність повітря обумовлена виділенням з ґрунтів газоподібних продуктів радіоактивних сімейств урану-радію і торію - радону-222, радону-220 (торону), радону-219 (актинон) і дочірніми продуктами їх розпаду, що знаходяться, головним чином, в аерозольній формі.

Величина потік радону з тонних порід визначається концентрацією в них материнських нуклідів еманачії, їх колекторськими властивостями (здатністю акумулювати радон) і коефіцієнтом еманірованія (здатність виділяти накопичений радон). Нерідкі випадки, коли слаборадіоактивні породи містять в своїх пустотах і тріщинах радон в кількостях, в сотні і тисячі разів більших, ніж більш радіоактивні гірські породи.

Найбільш важливий природний джерело радію (Ra) - розпад Ra в ґрунті і скельних породах в земній корі. Середній вміст ^{226}Ra в ґрунті дорівнює $2 * 10^{-12}$ г радію на 1 г ґрунту. Гамма-випромінювання над гірськими породами і ґрунтами за рахунок природних ізотопів радію, торію (і їх продуктів розпаду) і калію коливається зазвичай від 7 до 20 мкр / год, складаючи в середньому 8-10 мкр / год (без урахування гамма-випромінювання за рахунок космічного випромінювання, рівного 3,7-4,6 мкр / год). У деяких районах масового проживання людини фон природної радіації значно перевершує середній рівень по земній кулі (наприклад, за рахунок аномально високий вміст в ґрунті природних радіонуклідів). Зміст радію в морській воді коливається в межах

(0,007-0,3) * 10-12 кюрі / л. Зміст радію-226 в тілі людини становить в середньому 75 пкюрі.

В результаті радіоактивного розпаду ізотопів радію атоми радону потрапляють в кристалічну решітку мінералів. Процес виділення радону з мінералів і порід в поровое або тріщини простір отримав назву еманірованія. Не всі атоми радону можуть виділитися в поровое простір, тому для характеристики ступеня вивільнення радону використовується коефіцієнт еманірованія - (ϵ), який вже згадувався вище.

Міграція радону залежить від характеру заповнення порового простору породи. У зоні аерації, тобто вище рівня ґрунтових вод, пори і тріщини порід і ґрунтів заповнені, як правило, повітрям. Нижче рівня ґрунтових вод все пустотное простір порід заповнене водою (в нафтогазоносних районах воно може бути також заповнене нафтою і газом). У першому випадку радон як всякий газ поширюється за законами дифузії. У другому - може також мігрувати разом з водою. Дальність міграції радону визначається його періодом напіврозпаду. Оскільки цей період не дуже великий, дальність міграції радону не може бути великою. Для сухої породи вона більше, однак, як правило, радон мігрує у водному середовищі. Саме тому найбільший інтерес представляє вивчення поведінку радону в воді.

Імовірність ушкодження тканин залежить від сумарної дози й від величини дозування, тому що завдяки репараційним здатностям більшість органів мають можливість відновитися після серії дрібних доз.

У всіх місцях залягання уранових і торієвих мінералів, радон і торон надходять в атмосферу шляхом дифузії. Оскільки виділення радону з ґрунту сильно залежить від типу ґрунту в даній місцевості і від атмосферних умов, потік радону з ґрунту і відповідні його концентрації в атмосфері сильно змінюються в залежності від місцевості і часу доби. Середні концентрації радону і торону в повітрі становлять $1-3 * 10^{-13}$ і $0,5 * 10^{-13}$ кюрі / л. У районах підвищеної природної радіоактивності ці значення можуть бути вище в кілька десятків разів.

У розчиненому вигляді природні радіонукліди містять всі природні джерела прісної води.

Загальна природна об'ємна радіоактивність прісних вод знаходиться в межах десятків-сотень Бк / м (одиниць-кількох десятків пКи / л) і визначається різноспрямованими процесами вилуговування і сорбції радіонуклідів в гірських породах і ґрунтах, через які протікають ґрунтові води, а також вимиванням радіонуклідів з атмосфери метеорними водами. Середній вміст калію-40 в ґрунтових водах складає 1850 (50), річкових - 290 (7,7) і озерних - 480 Бк / м³ (13 пКи / л). Діапазон концентрацій радіонуклідів сімейств урану-радію і торію в прісних водах дуже великий і для відкритих водойм по ізотопів урану лежить в межах 0,25-630 (0,007-17,0), радію-226 - 1-110 (0,03-3 , 0), свинцю-210 і полонію-210 - менш як 3,7 Бк / м³ (0,1 пКи / л).

З підземних прісних вод найбільшою радіоактивністю володіють води, пов'язані з кислими магматичними породами, найменшою - з осадовими. Останні частіше і використовуються для цілей комунального водопостачання. Органічна частина мулів відкритих водойм містить велику кількість калію-40, що обумовлює і більшу їх радіоактивність в порівнянні з водою і печивом.

Радіоактивність морських вод обумовлена в основному калієм-40, концентрація якого залежить від ступеня її солоності і в відкритому океані досягає $1,3 \cdot 10^4$ Бк / м (350 пКи / л). Інші природні радіонукліди містяться в морських водах в значно менших кількостях: ізотопи урану - 26-45 (0,7-1,2), рубідій-87 - до 63 Бк / м³ (17 пКи / л) [4].

Інтенсивне вимивання радіонуклідів з товщі гірських порід призводить до утворення в деяких районах радіоактивних вод, до яких відносяться води, що містять радон-222 в кількості більше $1,85 \cdot 10^5$ Бк / м³ ($5 \cdot 10^{-9}$ Кі / л), радій-226 - більше $1 \cdot 10^{-11}$ г / л або уран - більше $3 \cdot 10^{-5}$ г / л. Підземні радіоактивні води широко використовуються при лікуванні ряду захворювань кістково-м'язової системи і ряду інших. За переважного змісту конкретних радіонуклідів вони поділяються на радонові, радієві, радоно-радієві, радоно-Радієвий-уранові, ураново-Радієвий і уранові.

З радіонуклідів, споживаних з питною водою, найбільш небезпечні α -випромінюючі ізотопи.

В разі ^{232}Th , при його вмісті у воді на рівні α -активності в 0,1 Бк / л буде перевищена вважається безпечною доза в 0,1 мілізіверт (мЗв) за рік. Так як торій-232 зазвичай становить лише малу частку, загальною альфа радіоактивності, то Всесвітня Організація Охорони Здоров'я (ВОЗ) визнала можливим рекомендувати величину 0,1 Бк / л в якості граничного значення загальної альфа активності для цілей рутинного контролю радіологічної безпеки води.

Для прикладу, в США, з 13600 випадків смерті від онкологічних легеневих захворювань 200 випадків пов'язують з опроміненням радоном, що знаходиться в питній воді. Відомо, що підземна вода збирає радон з величезних масивів геологічних порід. Підземні води трещинних масивів кислих кристалічних порід зазвичай відрізняються найбільш високою концентрацією радону, що досягає 500 Бк / л і вище. Значно нижче концентрація радону в водах основних вивержених порід. Тріщинні води вапняків, пісковиків, сланців зазвичай мають концентрацію радону в межах 10-100 Бк / л. Однак, в окремих випадках, і в цих породах можуть зустрічатися підвищені концентрації радону. Підземні води в горизонтах ґрунтових вод, що залягають недалеко від поверхні, зазвичай мають більш низьку концентрацію радону, складову менше 50 Бк / л. У поверхневих водах концентрація радону, як правило, не перевищує 2-5 Бк / л, головним чином, через те, що радон встигає розпастися протягом існування води в поверхневих умовах або піти в атмосферу за рахунок аерації.

В глибинних ґрунтових водах радону помітно більше, ніж у поверхневих водостоках і водоймах. Наприклад, в підземних водах його концентрація може змінюватися від 4-5 Бк / л до 3-4 МБк / л, тобто в мільйон разів. У водах озер і річок концентрація радону рідко перевищує 0,5 Бк / л, а в водах морів і океанів - не більше 0,05 Бк / л. Радон потрапляє з вод в атмосферу за рахунок процесів ексхаляції-дегазації з виносом радону з повітряних бульбашок, що містяться у

воді, в атмосферу. Найбільш інтенсивно цей процес відбувається при розбризкуванні, випаровуванні і кипінні води.

Радон міститься в багатьох мінеральних водах, використовуваних в медичних цілях (наприклад, на бальнеологічних курортах). Радонові води широко застосовуються в бальнеології (в Україні - курорт Хмільник). Радієві води характерні для деяких нафтових районів і можуть бути використані для промислового видобутку радію [5].

Підземні води, основним лікувальним фактором яких є радон, користуються великою популярністю у всьому світі. Всесвітньо відомі курорти Яхимов, Бромбах, Баден-Баден знамениті саме радоновими водами.

Радонові води використовуються у вигляді водних і грязьових ванн, повітряних інгаляцій і т.д. Вони застосовуються при лікуванні нервової, серцево-судинної систем, органів дихання і травлення, опорно-рухового апарату, хвороб обміну речовин. Концентрація радону в мінеральних водах коливається в досить значних межах. Так, в родовищі Барбанштейн (Австрія) концентрація радону досягає 2200, Баден-Баден (Німеччина) -780, Яхимов (Чехія) - 6290 Бк / л.

За величиною концентрації радону виділяють (в Бк / л): Дуже слабо радонові 185 - 740; Слабо радонові 740 - 1480; Радонові середньої концентрації 1480 - 7400; Високорадонові > 7400 [5].

Як правило, будь-якого зв'язку між мінералізацією і складом лікувальних вод з одного боку і концентрацією радону - з іншого, немає. Радонові мінеральні води мають різним хімічним і газовим складом.

Вплив радіації на організм може бути різним, але майже завжди воно носить негативний характер. У малих дозах радіаційне випромінювання може стати каталізатором процесів, які призводять до раку або генетичних порушень, а в великих дозах часто приводить до повної або часткової загибелі організму внаслідок руйнування кліток тканин.

Складність у відстеженні послідовності процесів, викликаних опроміненням, пояснюється тим, що наслідки опромінення, особливо при

невеликих дозах, можуть виявитися не відразу, і найчастіше для розвитку хвороби потрібні роки або навіть десятиліття. Крім того, внаслідок різної проникаючої здатності різних видів радіоактивних випромінювань вони по-різному впливають на організм: для альфа-частинок навіть аркуш паперу є непереборною перешкодою; бета-випромінювання здатне проходити в тканині організму на глибину один-два сантиметри; найбільш проникаючим є гамма випромінювання (випромінювання характеризується найбільшою проникаючою здатністю: його може затримати лише товста плита з матеріалів, які мають високий коефіцієнт поглинання, наприклад, з бетону або свинцю).

Також розрізняється чутливість окремих органів до радіоактивного випромінювання. Тому, щоб отримати найбільш достовірну інформацію про ступінь ризику, необхідно враховувати відповідні коефіцієнти чутливості тканин при розрахунку еквівалентної дози опромінення [11]: 0,03 - кісткова тканина; 0,03 - щитовидна залоза; 0,12 - червоний кістковий мозок; 0,12 - легкі; 0,15 - молочна залоза; 0,25 - яєчники або насінники; 0,30 - інші тканини; 1,00 - організм в цілому.

Імовірність ушкодження тканин залежить від сумарної дози і від величини дозування, так як завдяки репараційним здібностям більшість органів мають можливість відновитися після серії дрібних доз (табл. 3.1).

Проте, існують дози, при яких летальний результат практично неминучий. Так, наприклад, дози порядку 100 Р (рентген) призводять до смерті через кілька днів або навіть годин внаслідок ушкодження центральної нервової системи, від крововиливу в результаті дози опромінення в 10-50 Р смерть настає через одну-дві тижнів, а доза в 3-5 Р загрожує обернутися летальним результатом приблизно половині опромінених (гостра променева хвороба).

У випадку раку важко оцінити ймовірність захворювання як наслідку опромінення. Будь-яка, навіть найменша доза, може привести до необоротних наслідків, але таке ствердження не визначено. Проте, встановлено, що ймовірність захворювання зростає прямо пропорційно дозі опромінення.

Серед найпоширеніших ракових захворювань, викликаних опроміненням, виділяються лейкози. Оцінка ймовірності летального результату при лейкозі більше надійна, чим аналогічні оцінки для інших видів ракових захворювань. Це можна пояснити тим, що лейкози першими проявляють себе, викликаючи смерть у середньому через 10 років після моменту опромінення. За лейкозами «повірогідності» впливають: рак молочної залози, рак щитовидної залози й рак легенів. Менш чутливі шлунок, печінка, кишечник і інші органи й тканини[5].

В цілому іонізуючі випромінювання викликають в організмі іонізацію атомів і молекул речовини, в результаті чого молекули і клітини тканини руйнуються.

Відомо, що 2/3 загального складу тканини людини складають вода і вуглець. Вода під впливом випромінювання розщеплюється на водень Н і гідроксильну групу ОН, які або безпосередньо, або через ланцюг вторинних перетворень утворюють продукти з високою хімічною активністю: гідратний окисел і перекис водню H_2O_2 . Ці сполуки взаємодіють з молекулами органічної речовини тканини, окислюючи і руйнуючи її. Наступні біохімічні процеси променевого ушкодження розвиваються повільніше. Утворилися активні радикали порушують нормальні ферментативні процеси в клітці, що веде до зменшення кількості багатих енергією (макроергічних) з'єднань. Особливо чутливий до опромінення синтез дезоксирибонуклеїнової кислот (ДНК) в інтенсивно діляться клітинах. В результаті ланцюгових реакцій, що виникають при поглинанні енергії випромінювання, змінюються багато компоненти клітини, в тому числі макромолекули (ДНК, ферменти та ін.) І порівняно малі молекули (аденозинтрифосфорная кислота, коферменти і ін.). Це призводить до порушення ферментативних реакцій, фізіологічних процесів і клітинних структур.

В результаті впливу іонізуючих випромінювань порушується нормальний перебіг біохімічних процесів і обмін речовин в організмі. Залежно від величини поглиненої дози випромінювання і від індивідуальних особливостей організму

викликані зміни можуть бути оборотними чи необоротними. При невеликих дозах уражена тканина відновлює свою функціональну діяльність. Великі дози при тривалому впливі можуть викликати необоротне ураження окремих органів або всього організму (променеве захворювання) [12].

Біологічна дія іонізуючого випромінювання залежить від величини дози і часу впливу випромінювання, від виду радіації, розміри поверхні і індивідуальних особливостей організму. Велике значення мають також вік, фізіологічний стан, інтенсивність обмінних процесів організму, а також умови опромінення.

Знання конкретної реакції організму на ті чи інші дози необхідні для оцінки наслідків дії великих доз опромінення при аваріях ядерних установок і пристроїв або небезпеки опромінення при тривалому перебуванні в районах підвищеного радіаційного випромінювання, як від природних джерел, так і в разі радіоактивного забруднення. Однак навіть малі дози радіації не нешкідливі і їх вплив на організм і здоров'я майбутніх поколінь до кінця не вивчено. Так, хронічна променева хвороба розвивається в результаті тривалого опромінення організму в малих дозах - 0,1- 0,5 радий на добу після накопичення сумарних доз близько 100 рад. Своєрідність її полягає в тому, що в активно розмножуються тканинах завдяки інтенсивним процесам клітинного відновлення тривалий час зберігається можливість структурного відновлення цілісності тканини. У той же час такі ірадіостійкість системи, як нервова, серцево-судинна, ендокринна відповідають на хронічне променевої вплив складним комплексом функціональних реакцій. Виникаючі в опромінюваних клітинах зміни ведуть до порушень в тканинах, органах і життєдіяльності всього організму. Особливо виражена реакція тканин, в яких окремі клітини живуть порівняно недовго. Це слизова оболонка шлунка і кишечника, яка після опромінення запалюється, покривається виразками, що веде до порушення травлення і всмоктування, а потім до виснаження організму, отруєння його продуктами розпаду клітин (токсемія) і проникненню бактерій, що живуть в кишечнику, в кров (бактеріємія) . Сильно пошкоджується кровотворна система,

що веде до різкого зменшення числа лейкоцитів в периферичній крові і до зниження її захисних властивостей. Одночасно падає і вироблення антитіл, що ще більше послаблює захисні сили організму[4].

Існує три шляхи надходження радіоактивних речовин в організм: при вдиханні повітря, забрудненого радіоактивними речовинами, через заражену їжу або воду, через шкіру, а також при зараженні відкритих ран. Найнебезпечніший перший шлях, оскільки:

- об'єм легеневої вентиляції дуже великий;
- значення коефіцієнта засвоєння в легенях більш високі.

Пилові частки, на яких сорбовані радіоактивні ізотопи, при вдиханні повітря через верхні дихальні шляхи частково осідають у порожнині рота й носоглотці. Звідси пил надходить у травний тракт. Інші частки надходять у легені. Ступінь затримки аерозолів у легенях залежить від дисперсійності. У легенях затримується близько 20% всіх часток, при зменшенні розмірів аерозолів величина затримки збільшується до 70%.

Радіація навіть в малих кількостях, при дозах в десятки бер, найсильнішим чином впливає на нервові клітини - нейрони. Надалі загальні порушення в організмі під дією радіації призводять до зміни обміну речовин, які спричиняють патологічних змін головного мозку [12].

Таким чином, існує два способи опромінення від природних або техногенних джерел радіації: якщо радіоактивні речовини знаходяться поза організмом і опромінюють його ззовні, то мова йде про зовнішнє опромінення. Інший спосіб опромінення - при попаданні радіонуклідів вглиб організму з повітрям, їжею і водою - називають внутрішнім.

На відміну від природних техногенні джерела радіації можуть бути більш інтенсивними і небезпечними в зв'язку з наявністю широкого спектру випромінюваних елементів. Різноманітні техногенні впливи на навколишнє середовище характеризуються їх частотою повторення й інтенсивністю, а також індивідуальними характеристиками компонентів, які виділяються в навколишнє середовище.

Надходження радіоактивних речовин мають деяку постійну складову, яка відповідає нормальній експлуатації радіаційно-небезпечних джерел, і випадкову складову, залежну від ймовірностей аварій, тобто від рівня безпеки розглянутого об'єкта, внаслідок чого забезпечення радіаційної безпеки при поводженні з джерелами іонізуючого випромінювання є надзвичайно важливим пріоритетом.

Різноманітні техногенні впливи на навколишнє середовище характеризуються їх частотою повторення й інтенсивністю, а також індивідуальними характеристиками компонентів, що виділяються в навколишнє середовище (табл. 1.2) [4].

Викиди шкідливих речовин мають деяку постійну складову, що відповідає нормальній експлуатації, і випадкову складову, залежну від ймовірностей аварій, тобто від рівня безпеки розглянутого об'єкта.

Табл. 1.2 – Загальні характеристики та значення допустимих концентрацій для найбільш поширених радіонуклідів[4]

Нуклід, N	Період напіврозпаду, T1/2 років	Вихід при розпаді урану, %	Допустима концентрація, Ки/М ³ , Ки /л	
			у повітрі	у воді
Тритій-3 (окис)	12,35	-	$3 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-6}$
Вуглець-14	5730	-	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$8,2 \cdot 10^{-7}$
Залізо-55	2,7	-	$2,9 \cdot 10^{-11}$	$7,9 \cdot 10^{-7}$
Криптон-85	10,3	0,293		
Стронцій-90	29,12	5,77	$4 \cdot 10^{-14}$	$4 \cdot 10^{-10}$
Йод-129	$1,57 \cdot 10^7$	-	$2,7 \cdot 10^{-14}$	$1,9 \cdot 10^{-10}$
Йод-131	8,04 сут	3,1	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-9}$
Цезій-135	$2,6 \cdot 10^6$	6,4		
Свинець-210	22,3	-	$2 \cdot 10^{-15}$	$7,7 \cdot 10^{-11}$

Продовження табл. 1.2

Радій-226	1600	-	$8,5 \cdot 10^{-16}$	$5,4 \cdot 10^{-11}$
Уран-238	$4,47 \cdot 10^9$	-	$2,2 \cdot 10^{-15}$	$5,9 \cdot 10^{-10}$
Плутоній-239	$2,4 \cdot 10^4$	-	$3 \cdot 10^{-17}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$

Зважаючи на перелічені вище фактори, атомна енергетика виступає значним потенційним джерелом екологічної небезпеки для довкілля. В цьому сенсі набувають значення заходи, що повинні зменшувати таку небезпеку, тобто – спрямовані на забезпечення, зміцнення екологічної безпеки ядерної сфери.

2 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЯДЕРНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

2.1 Сучасний стан атомної енергетичної галузі України

Сьогодні, умови глобалізації світової економіки та загальносвітова криза в сфері традиційної енергетики, не могли не зачепити й нашу економіку. Тотальне зростання цін на енергоносії, особливо в умовах дефіциту вугілля через фактичну окупацію Російською Федерацією частини Донбасу, та критичного погіршення відносин із Росією, особливо актуалізувало в Україні гасло забезпечення енергетичної незалежності, яка є суттєвим елементом процесу забезпечення незалежності будь-якої країни.

Енергетика є однією з найбільш динамічних галузей економіки, яка продовжує сьогодні бурхливо розвиватися в усьому світі. В зв'язку з цим Україна планує до 2035 р. збільшити обсяги виробництва електроенергії більш, ніж у 2 рази[1].

Область застосування іонізуючих випромінювань в промисловості дуже широка - це в першу чергу атомна енергетика, промислові методи отримання трансуранових елементів; активаційний аналіз для швидкого визначення домішок у сплавах, металу в руді, якості вугілля і т.п.; використання для автоматизації різних процесів: вимірювання рівня рідини, щільності і вологості середовища, товщини шару і т.д.

Говорячи про застосування іонізуючих випромінювань в промисловості перш за все мається на увазі атомна промисловість, використання ядерних установок. Насправді, при нормальній роботі ядерних установок збиток від них незначний. Більшою мірою вплив джерел іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище виявляється на деяких стадіях виробництва ядерного палива (ЯПЦ).

Так, на рівні випромінювання впливають такі стадії ядерно-паливного циклу як видобуток уранових руд і їх збагачення. Приблизно половина всієї уранової руди добувається відкритим способом, а половина - шахтним. І рудники, і збагачувальні фабрики служать джерелом забруднення навколишнього середовища радіоактивними речовинами. Наприклад, збагачувальні фабрики створюють проблему довготривалого забруднення: в процесі переробки руди утворюється величезна кількість відходів - «хвостів».

Застосування джерел іонізуючого випромінювання в промисловості, як відомо, пов'язано не тільки з енергетичною галуззю. У приладобудуванні і в годинниковій промисловості часто застосовуються люмінофори. Сяючі радіолюмінесцентний циферблати приладів та годинників мають відомі переваги, але для їх виготовлення застосовуються радіоактивні матеріали. Колективна ефективна еквівалентна доза населення, отримана від радіолюмінесцентний циферблатів годин і приладів, близька до тієї, яку отримують працівники атомної промисловості або екіпажі авіалайнерів.

Останнім часом виробничі приміщення стали оснащуватися протипожежною сигналізацією. У детекторах диму системи сигналізації використовуються альфа-випромінювачі. При правильному зберіганні та експлуатації детектори не уявляють радіаційної небезпеки, в іншому випадку при їх використанні, вони можуть завдати шкоди здоров'ю [2].

Найбільша кількість промислових підприємств, які використовують джерела іонізуючого випромінювання розташовані в Дніпропетровській, Донецькій, Луганській, Харківській областях та у м. Києві. Діяльність, пов'язану із застосуванням даних джерел немедичного призначення, здійснюють близько 2500 суб'єктів господарювання всіх форм власності. Напрацювання радіоактивних матеріалів для виготовлення радіоактивних джерел в Україні зараз не здійснюється, але 9 підприємств виготовляють генеруючі пристрої, а 4 - обладнання, яке комплектується з використанням імпортованих джерел.

Одне з найперших застосувань радіонуклідів в виробничих процесах полягало в тому, що їх стали використовувати в якості свого роду «мітки». Суть цього методу (методом мічених атомів) надзвичайно проста. Радіоізотопи, доданий в стабільний елемент, може зробити «видимим» розподіл цього елемента в тій чи іншій структурі, оскільки як хімічний елемент він нічим від свого стабільного побратима не відрізняється. Так, добавка калію-42 в ґрунт, що живить рослину, дозволить побачити, як саме розподіляється калій в його листі (лист притискають до фотопластинці, на якій і друкується «фотопортрет» калія). Як міток можуть бути використані, звичайно, самі різні радіоізотопи. Але частіше за інших використовуються наступні: калій-42, магній-28, кальцій-45, стронцій-85 і -89, цинк-65, кадмій-109, ртуть-203, алюміній-26, скандій-46, вуглець-14, олово-113 і -121, свинець-212, гафній-175 і -181, фосфор-32, сурма-125, вісмут-206, -207, -213, ванадій-48 і -49, ніобій-95, тантал-182, телур-122 і -129, хлор-36, бром-80 і -82, реній-183 і -186, рутеній -97, -103 і -106, осмій-191 і -193, паладій-103, ірідій-190, -192 і -194, платина-197 [2].

Джерела радіаційного випромінювання використовуються у виробництві і в так званому активаційному аналізі. Цей метод визначення якісного і кількісного складу речовини заснований на вимірюванні випромінювання радіоактивних ядер ізотопів, що утворилися в цій речовині під впливом потоку нейтронів, заряджених часток (протонів і ін.) Або γ -квантів, що випромінюються спеціальним джерелом. Іншими словами, речовина, реагуючи на зовнішнє опромінення, саме стає джерелом іонізуючого випромінювання, спектр якого його і видає. Такого роду джерела використовують в розвідці корисних копалин (радіаційний каротаж), в промисловості, в хімічному виробництві та ін.

В цілому, в тому чи іншому конструктивному оформленні джерела іонізуючої радіації можуть використовуватися для просвічування відповідальних виробів, для зняття статичної електрики, для безперервного контролю товщини прокату і т. П. Радіоактивною «начинкою» таких джерел

можуть бути найрізноманітніші радіонукліди: тритій (в з'єднаннях) використовується для безперервного контролю сірки в гасі. Натрій-22 - в якості позитронного джерела. Цезій-137 використовується в гамма-дефектоскопах. Магній-21 - генератор протонів. Барій-133 і -137 - стандартні випромінювачі в гамма-спектроскопії. Радій-226 використовують для виготовлення радій-берилієвих джерел нейтронів, в гамма-дефектоскопії металів, в генераторах радону. Ртуть-205 - в активаційному аналізі. Алюміній-28 і талій-206 - в активаційному аналізі. Європій-152 - в гамма-дефектоскопах. Плутоній-239 застосовують для виготовлення атомних електричних батареї, як джерела живлення електрокардіостимуляторів, в нейтронних джерелах. Америцій-241 застосовується в дефектоскопах, густиномірами, Товщиноміри; в якості джерела м'яких γ -квантів, при виготовленні джерел енергії з низькою тепловою потужністю, а також джерел α -випромінювання, призначених для зняття статичних зарядів. Кюрій-242 і -244 існують в легких і компактних джерелах тепла і електроенергії. Каліфорній-252 - в нейтронно-активаційному аналізі, в геологорозвідці і при видобутку корисних копалин, в сталеливарної, хімічної, нафтопереробної та вугледобувної промисловості. Титан-51 - в активаційному аналізі. Азот-13 - в активаційному аналізі сталей. Сурма-124 застосовується в якості джерела нейтронів (Фотоядерні реакція на берилію) і γ -випромінювання. Ванадій-52 - в активаційному аналізі. Ніобій-94 - в активаційних детекторах. Тантал-182 - в потужних джерелах промислового використання (вимірювачі товщини, гаммаграфія). Полоній-210 використовується для виготовлення полоній-берилієвих джерел нейтронів, в ізотопних генераторах електроенергії (супутники «Космос-84» і «Космос-85»), в джерелах тепла («Луноход-1» і «Луноход-2»). Як джерела енергії полоній-210 широко застосований в якості джерел живлення віддалених маяків. Застосовується він також для видалення статичної електрики на текстильних фабриках, іонізації повітря для кращого горіння палива в мартенівських печах, і навіть для видалення пилу з

фотоплівки. Кобальт-60, як зазначено, застосовується в якості джерела γ -випромінювання в техніці, науці та медицині [2].

Так, згаданий вище, радіаційний каротаж являє собою сукупність геофізичних методів дослідження свердловин, заснованих на вимірі інтенсивності природної і штучно створеної радіоактивності гірських порід. Основні види радіаційного каротажу, що застосовуються в промисловій геофізиці:

- гамма-каротаж - заснований на вимірюванні інтенсивності природного гамма-активності порід;
- гамма-гамма каротаж - заснований на вимірюванні інтенсивності розсіяного гамма-випромінювання, що виникає при опроміненні порід джерелом гамма-квантів;
- каротаж нейтронний - заснований на вивченні ефекту взаємодії потоку нейтронів з речовиною порід. Дані радіаційного каротажу залучаються: для вирішення широкого кола геологічних завдань, пов'язаних з пошуками і розвідкою нафтогазових родовищ; при контролі за експлуатацією цих родовищ; при вирішенні деяких технічних завдань в процесі буріння свердловини; вибору режиму експлуатації свердловини родовищ, відповідного її технічного стану, визначення раціонального способу антикорозійного захисту і т.п. [1].

Для вимірювання інтенсивності радіоактивних випромінювань використовуються свердловинні радіометри, які складаються з радіоактивного зонда каротажного і електронної схеми, перетворюючої інформацію для передачі її по каротажному кабелю на поверхню до вимірювальної апаратури. Як правило, всі радіометри є комплексними приладами, що дозволяють реєструвати одночасно два-три параметра радіаційного каротажу.

Крім радіаційного каротажу ДІВ залучаються також для обстежень, заснованих на методах: дефектоскопії, електромагнітної дефектоскопії, профілеметрії, з використанням приладів, до складу яких входять джерела радіаційного випромінювання.

ДІВ входять до складу великої кількості приладів, що використовуються в різних галузях промисловості і сферах діяльності. Так, прилад ППГР-1 - плотномер поверхнево-глибинний радіоізотопний. Джерело: ^{137}Cs , активність - $1,28 \cdot 10^7$ Бк. Прилад використовується при дослідженнях під меліоративне, гідротехнічне, водогосподарське, цивільне та промислове будівництво, при будівництві автомобільних доріг, в орошувачому і осушуваних землеробстві, ґрунтознавстві.

Промислові фізико-технічні джерела заряджених частинок - прискорювачі електронів (мікротрон, бетатрон лінійні хвильові прискорювачі) використовуються для отримання високоенергетичних потоків електронів (більше 3-5 МеВ).

Прискорювачі дають пучок електронів фіксованою енергією, причому потік і енергія електронів можуть варіюватися в широких інтервалах. У Росії і Україні використовуються промислові прискорювачі серії ЕЛВ з енергією (0.2-2.5) МеВ, потужністю до 400 кВт, і серії мулу з енергією (0.7-5) МеВ, потужністю до 50 кВт. Машини розраховані на безперервну роботу в промислових умовах, забезпечені різноманітними системами розгортки пучка електронів для опромінення різних продуктів. Вони застосовуються для радіаційно-хімічних технологій, що використовуються при виробництві кабельної продукції з термостійкої ізоляцією, полімерних труб гарячого водопостачання, термоусаджуваних труб, хладостойких полімерів, полімерних рулонних композитних матеріалів і т.п.

Імпульсний прискорювач РІУС-5 створює струм електронів в імпульсах (0.02-2) мкс до 100 кА при енергії електронів до 14 МеВ. Малогабаритні імпульсні Бетатрон типу МІБ використовуються для радіографічного контролю якості матеріалів і виробів в нестаціонарних умовах: на монтажних і будівельних майданчиках, при контролі зварних з'єднань і запірної арматури нафто- і газопроводів, контролі опор мостів та інших відповідальних будівельних конструкцій, а також контролі лиття і зварних з'єднань великої

товщини. Максимальна енергія гальмівного випромінювання установок до 7.5 MeV, максимальна товщина просвічування матеріалів до 300 мм [1].

Широко застосовуються в промисловості циклотрони. Це прискорювачі протонів (або іонів), в яких частота прискорювального електричного поля і магнітне поле постійні в часі. Частинки рухаються в циклотроні по плоскій розгортається спіралі. Максимальна енергія прискорених протонів 20 MeV.

Для створення потужних імпульсних потоків гальмівного гамма-випромінювання використовуються установки Ліу-10, Ліу-15, УВП-10, РІУС-5. Імпульсний прискорювач РІУС-5 створює струм електронів в імпульсах (0,02-2) мкс до 100 кА при енергії електронів до 14 MeV, що дозволяє створювати потужність дози гальмівного випромінювання до 10^{13} Р / с з середньою енергією гамма-квантів близько 2 MeV.

Крім промислового використання джерела радіаційного випромінювання знайшли широке застосування на транспорті - потужні реактори для надводних і підводних кораблів; в активаційному аналізі для пошуків і сортування металевих руд, для визначення масової частки домішок в природних алмазах в геології і т.ін.

Умовою реалізації таких далекоглядних планів є інтеграція енергосистеми України до об'єднаної європейської з послідовним збільшенням експорту електроенергії, а зважаючи на досить стабільний розвиток в останні роки атомної енергетики країни, експорт електроенергії саме АЕС.

Такі наміри стоять на меті Енергетичної стратегії України на період до 2035 року, розробленої Міністерством енергетики та вугільної промисловості (на даний час Міністерством енергетики) (рис. 2.1)[1].

Таким чином, вітчизняна ядерна енергетика стала одним із головних джерел виробництва енергії, певною мірою важливим чинником забезпечення енергетичної незалежності держави.

5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯДЕРНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

5.1 Принципи та засоби сучасного забезпечення ядерної безпеки в атомній енергетиці

Головною метою забезпечення радіаційної безпеки АЕС є захист персоналу, населення й навколишнього середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання шляхом дотримання основних принципів і норм радіаційної безпеки [14].

Радіаційна безпека АЕС вважається достатньою, якщо технічними засобами й організаційними мірами забезпечується неперевищення встановлених нормами радіаційної безпеки доз опромінення персоналу, населення й дотримання вимог діючих санітарних правил (наприклад, Санітарні правила проектування і експлуатації атомних станцій – СП АС-88)[3].

Незважаючи на широке коло питань, які регулює чинне національне законодавство в сфері забезпечення ядерної та радіаційної безпеки, сьогодні в Україні багато проблем, пов'язаних з поведженням з джерелами іонізуючого випромінювання техногенного походження. Більшість цих питань лежить у практичній площині виконання положень і вимог нормативних документів, ефективності дії системи державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, створення сприятливих умов в державі для здійснення суспільних відносин і видів діяльності щодо поведження з джерелами іонізуючого випромінювання.

У розгляді проблемних питань першорядне значення має потенційна небезпека ядерної галузі. Ця небезпека існує завжди через високу ймовірність виникнення складних за результатами техногенних аварій. Наслідки ядерних аварій можуть бути катастрофічними, мають транскордонний характер і є спільною проблемою для світової спільноти.

Найбільш важкими наслідками супроводжуються загальні аварії на атомних станціях. Аварії можуть починатися і супроводжуватися вибухами і пожежами.

Наслідки радіаційних аварій в основному оцінюються масштабом і ступенем радіаційного впливу і радіоактивного забруднення, а також складом радіонуклідів і кількістю радіоактивних речовин у викиді.

В ході та після аварії на рівень і довговічність наслідків, а також радіоактивну обстановку значний вплив мають природний розпад радіоактивних речовин, їх міграція в навколишнє середовище, метеорологічні і кліматичні чинники, результативність робіт по ліквідації наслідків аварії, в тому числі дезактивація і водоохоронні заходи.

У початковий період після аварії найбільший в скарб в загальну радіоактивність вносять радіонукліди з коротким періодом напіврозпаду (зазвичай до 2 місяців). В подальшому спад активності визначається нуклідами з великим періодом напіврозпаду - від кількох сотень днів до тисяч років. З них довгий час основну частку в динаміку радіаційної обстановки вносять біологічно небезпечні радіонукліди (цезій - 137; стронцій - 90; плутоній - 239 та ін.) [17].

Радіаційного впливу піддаються люди, с / г тварини і рослини, прилади, чутливі до випромінювання. Радіоактивного забруднення піддаються споруди, комунікації, технологічне обладнання, транспортні засоби, майно, матеріали, продовольство, с / г угіддя і природне середовище.

Радіаційний вплив на персонал і населення характеризується величинами доз зовнішнього і внутрішнього опромінення. Дози внутрішнього і зовнішнього опромінення розраховуються по кожному з можливих шляхів радіаційного впливу на людину, а також по сумарному впливу.

При розрахунку дозових навантажень на населення враховується довготривалі і короточасні фактори радіаційного впливу різних видів радіонуклідів на різні вікові групи населення. Важкі соціально-економічні наслідки викликаються евакуацією населення з забруднених територій і необхідністю заходів із життєзабезпечення людей, які проживають на зараженій місцевості.

Прикладами аварій на радіаційно-небезпечних об'єктах можуть служити аварія на Чорнобильській АЕС, в результаті якої були викинуті радіонукліди з сумарною активністю 50 млн. Кюрі, киштимська аварія 1957 року народження, внаслідок теплового вибуху сховища радіоактивних відходів з викидом, за оцінками даними, радіонуклідів, сумарною активністю від до 138 млн. кюрі.

Аварія на четвертому блоці Чорнобильської АЕС - найбільша ядерна аварія у світі в ніч з 25 на 26 квітня 1986 року сталася з частковим руйнуванням активної зони реактора і виходом осколківподілу за межі зони. За свідченням фахівців, аварія сталася через спробу виконати експеримент зі зняття додаткової енергії під час роботи основного атомного реактора. В атмосферу було викинуто 190 тонн радіоактивних речовин. 8 з 140 тонн радіоактивного палива реактора опинилися в повітрі. Інші небезпечні речовини продовжували покидати реактор в результаті пожежі, що тривала майже два тижні. Люди в Чорнобилі піддалися опроміненню в 90 разів більшому, ніж при падінні бомби на Хіросіму. В результаті аварії сталося радіоактивне зараження в радіусі 30 км. Забруднена територія площею 160 тисяч квадратних кілометрів. Постраждали північна частина України, Білорусь і захід Росії.

Найсерйознішим інцидентом в атомній енергетиці США стала аварія на АЕС Тримайл-Айленд в штаті Пенсільванія, що відбулася 28 березня 1979 року. В результаті серії збоїв в роботі обладнання і грубих помилок операторів на другому енергоблоці АЕС сталося розплавлення 53% активної зони реактора. Стався викид в атмосферу інертних радіоактивних газів - ксенону і йоду. Крім того, в річку Сукуахана було скинуто 185 кубічних метрів слаборадіоактивної води. З району, що зазнали радіаційного впливу, було евакуйовано 200 тисяч чоловік.

В цілому, на сьогоднішній день за даними статистики на атомних станціях трапляється в середньому кілька "позаштатних ситуацій" на місяць. Для експериментальних і дослідницьких ядерних реакторів аварійні ситуації пов'язані з відмовами реакторного та технологічного обладнання і трубопроводів; обладнання систем управління; обладнання контрольно-вимірювальних систем; електрообладнання і т.д [1].

Облік потенційної екологічної небезпеки ядерної галузі та наявність ряду проблем радіаційної безпеки потребує постійного регулювання з боку держави, процес підвищення екологічної безпеки ядерної галузі (ядерної безпеки) є постійним. Він є пріоритетним під час вирішення питань, які сьогодні стоять перед вітчизняною ядерною енергетикою. Це і продовження терміну експлуатації атомних реакторів; і введення до дію нових потужностей; розвиток вітчизняних виробництв, задіяних в ядерно-паливному циклі (ЯПЦ); безпечне поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) та радіоактивними відходами (РАВ); рішення проблем Чорнобильської АЕС; подальше підвищення рівня безпеки діючих атомних блоків перехід до європейських норм і стандартів щодо функціонування ядерної галузі.

Функціонування уранодобувної і переробної промисловості також пов'язано з виробництвом великих фізичних обсягів радіоактивних відходів. Східний гірничо-збагачувальний комбінат накопичив 65,5 млн. Куб. метрів радіоактивних відходів сумарною активністю 120 тис. кюрі, 9 сховищ Придніпровського хімзаводу - 36 млн. куб. метрів РАО сумарною активністю 75 тис. кюрі. Проблеми складування (хвостосховищ) рідких низькоактивних відходів переробки уранових руд складають особливу екологічну небезпеку, забруднюючи підземні води, приземні шари атмосфери і ґрунт.

Дуже проблемними є питання поводження з радіоактивними відходами зони відчуження Чорнобильської АЕС і самої станції.

Переважає кількість радіоактивних речовин зосереджена на об'єкті "Укриття" (зруйнований внаслідок аварії 1986 р 4- і енергоблок ЧАЕС). Це близько 200 т опроміненого і свіжого ядерного палива, змішаного з іншими матеріалами в різноманітних формах. Загальна активність довгоіснуючих радіонуклідів становить близько 70041015 Бк. Об'єкт "Укриття" виконує свої захисні функції протягом більше двадцяти років, проте його стабільність в подальшому не може бути гарантована. Перетворення з міжнародною допомогою цього об'єкта в екологічно безпечну систему здійснюється вкрай повільно, в основному через відсутність фінансування, проектних помилок.

В питаннях забезпечення екологічної безпеки АЕС важливу роль відіграють технічні питання створення безпечних умов функціонування ядерних установок, які покладено на Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ «ХФТІ»).

Активність радіоактивних відходів, зосереджених в пунктах їх захоронення та пунктах тимчасової локалізації (ПТЛРВ) на території зони відчуження, які створені в 1986-1987 рр. під час дезактивації, дорівнює приблизно $13 \cdot 10^{15}$ Бк [1].

Зберігаючи значну кількість радіонуклідів, зона разом з тим є своєрідним буфером, який стримує міграцію радіонуклідів за її межі. Підвищений вміст радіонуклідів у продуктах тваринного і рослинного походження спостерігатиметься ймовірно і надалі, що не дає можливості повернути зону в сільськогосподарське користування. Для флори і фауни характерні процеси продовження вибіркового накопичення радіонуклідів по окремим досліджуваним видам (гриби, дикі ссавці, риба в непроточних водоймах) - до рівня радіоактивних відходів. На території зони відчуження здійснюється спеціалізована виробнича діяльність, спрямована на моніторинг радіаційного стану та ліквідацію несанкціонованих звалищ, локалізацію та захоронення радіоактивних відходів, дезактивацію матеріалів, експлуатацію сховищ радіоактивних відходів та інше.

На відміну від підприємств ядерної галузі, персонал якої (близько 75 тис. Осіб), добре обізнаний про потенційну небезпеку ядерних і радіаційних технологій, і дії якого відбуваються і контролюються типовими інструкціями на майданчику підприємства, інші джерела іонізуючого випромінювання є сконцентровану в малому обсязі радіоактивність, будучи досить різноманітними за конструкцією, складу, потужності випромінювання, знаходяться в широкому обігу і можуть потрапляти до тих людей, які навіть не мають уявлення про їх потенційної небезпеки або свідомо нехтують встановленими правилами їх обслуговування і використання, внаслідок недостатніх знань з радіаційної безпеки, низькою культурою безпеки,

відсутність достатнього фінансування або навпаки, бажання негайно отримати прибуток від їх застосування.

В цілому, існуюча система державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, як було зазначено вище, включає в себе різні інструменти, такі як ліцензування діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання, державний нагляд за станом безпеки використання цих джерел, їх державний облік і контроль і ін.

Внаслідок частих змін адміністративної підпорядкованості органів державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, розпорошеності дозвільних, функцій і завдань по нормуванню та нагляду між різними органами влади, первинне ліцензування медичних організацій, підприємств вугільної та горючодобиваючої галузей, легкої та харчової промисловості до цих пір не завершено, а підприємств Міністерства оборони ще не розпочато [29].

Державний нагляд за станом безпеки використання джерел іонізуючого випромінювання до недавнього часу здійснювався декількома структурами в межах їх повноважень: санітарно-епідеміологічною службою, екологічної та пожежним інспекціями, територіальними підрозділами. Жодної з цих структур не забезпечувалося обліку та комплексної оцінки стану радіаційної безпеки в процесі використання радіонуклідних джерел численними користувачами.

У 2006 році Кабінетом Міністрів України було прийнято важливе рішення про відновлення роботи Державних інспекцій з ядерної та радіаційної безпеки - територіальних підрозділів Держатомрегулювання, що дозволило кількісно і якісно поліпшити здійснення державного нагляду за безпекою поводження з радіонуклідних джерел у всіх регіонах країни шляхом впровадження планів первинного ліцензування та проведення інспекційних обстежень на системній основі.

Кабінетом Міністрів України схвалена і наказом Мінпаливенерго введена в дію Комплексна програма робіт з подовження терміну експлуатації діючих енергоблоків АЕС (Розпорядження КМУ від 29.04.2004 р. №263)[15].

Особлива увага приділяється пошукам нових, гарантовано безпечних ядерних джерел енергії. Здійснюються дослідження з розробки реакторів з керуванням ланцюговою реакцією поділу ядер в активній зоні за допомогою зовнішнього джерела нейтронів; високотемпературних газових реакторів, які нині особливо актуальні для напрацювання водню; швидких рідкосольових реакторів; енергетичних термоядерних установок, впровадження нових реакторів на швидких нейтронах.

Державний облік і контроль джерел здійснюється шляхом реєстрації джерел в Державному реєстрі Первинне заповнення бази даних реєстру відбувається за результатами державної інвентаризації джерел, відповідальність за проведення якої покладено на місцеві органи виконавчої влади. За результатами інвентаризації, було виявлено на підприємствах України значну кількість відпрацьованих високоактивних радіонуклідних джерел [19].

Разом з тим, до цих пір не завершені первинне ліцензування всіх користувачів джерел іонізуючого випромінювання (за винятком тих, що не підлягають регулюючому контролю згідно із затвердженим Урядом переліку), не здійснено передача відпрацьованих джерел спеціалізованим підприємствам збанкрутілих власників при відсутності належної інфраструктури (контейнери, сховища) і засобів (як у власників джерел так і в державному бюджеті), що не проведено повного радіаційного обстеження покинутих військових об'єктів, промислових, зон несанкціонованих звалищ, про що свідчать непоодинокі випадки знаходження радіаційних джерел в незаконному обігу.

В Україні встановлено межі допустимих рівнів опромінення, ліміти доз опромінення персоналу і населення. Однак на практиці, сьогодні, не завжди переконливо демонструється дотримання третього принципу

радіаційного захисту - принципу неперевищення. На практиці досить важко переконатися, що послуги і процедури в клініках будь-якого рівня відпускаються по строго встановленим регламентами, а в орендованому в промисловій зоні приміщенні під склад, майстерню або магазин не залишилися "кинутими" джерела випромінювання.

Аналіз причин, які призводять до порушень принципів радіаційного захисту аж до самої важкої форми - радіаційної аварії, вказує на те, що вони пов'язані з [20]:

- недосконалістю системи державного регулювання безпеки джерел;
- недостатнім рівнем відповідальності щодо забезпечення безпеки користувачами джерел (ліцензіатами);
- нерозвиненістю мережі повноцінних і якісних послуг з безпеки джерел.

Недосконалість системи державних регулювання безпеки джерел обумовлено:

- недосконалістю нормативно-правової бази;
- нерозповсюдженням регулюючого контролю (дозвільна діяльність, нагляд) на всі типи джерел, що представляють потенційну небезпеку ("нові технології," військові "джерела і т.п.):
- неефективним взаємодією регулюючих органів, неузгодженістю їх дій;
- неповним впровадженням в наслідок недофінансування національних і галузевих програм із забезпечення безпеки джерел;
- незабезпеченістю достатніми ресурсами регулюючого органу для підготовки кадрів, підтримки кваліфікації інспекторів, повноцінної експертної та технічної підтримки.

Так, в сучасній системі норм і правил недостатньо забезпечені [21,22]:

- баланс між виконанням двох вимог: гнучкістю правил, щоб вони адаптувалися до обставин, що змінюються, і до технологій, які

розвиваються (правила організації робіт) і детальністю правил, щоб їх було легко контролювати (правила - приписи);

- диференціація вимог безпеки в залежності від потенційної небезпеки, яку має конкретний вид діяльності з певними установками (джерелами) (прикладом є застосування єдиних ліцензійних вимог і умов до всього спектру джерел випромінювання);

- перехід на використання ліцензіатами кодексів практичної діяльності (codes of practices), які зазвичай розробляються регулюючим органом, і які є посібниками для конкретних видів діяльності, але в даний час існують тільки у вигляді ідеологічно застарілих санітарних правил;

- заміна тих діючих норм і правил, що були розроблені в Радянському Союзі, в іншій економічній та ідеологічній реальності, на національні норми і правила, які спираються на сучасні міжнародні принципи і нормативи;

- усунення дисбалансу щодо значної кількості правл- приписів, що призводить до акценту незабезпечення безпеки, а виконання правил (підміна "культури безпеки," "культурою виконання");

- приведення значної кількості напрацьованих нормативно-правових актів у відповідність з рекомендацій МАГАТЕ, систематизація та доповнення їх новими (особливо це стосується питань забезпечення фізичної безпеки з метою збереженості джерел випромінювання).

Сьогодні на вітчизняних АЕС реалізується проектна схема перевантаження ВЯП у басейни витримки з подальшим їх транспортуванням на заводи Російської Федерації:

- для переробки ВЯП реакторів ВВЕР-440(зплановим поверненням високоактивних відходів);

- для технологічної витримки ВЯП ВВЕР-1000 (потужності для його переробки у Росії нині відсутні).

З метою тривалого зберігання ВЯП ВВЕР-1000 на Запорізькій АЕС введено в експлуатацію пристанційне сховище на основі технології сухого контейнерного зберігання.

Останнє пов'язано з тим, що в Україні схема ядерно паливного циклу реалізується лише частково. Так, з 9 компонентів ЯПЦ В Україні реалізуються лише чотири (рис. 5.1)[3,5]. Взагалі, переробка ВЯП є перспективним високотехнологічним ринком.

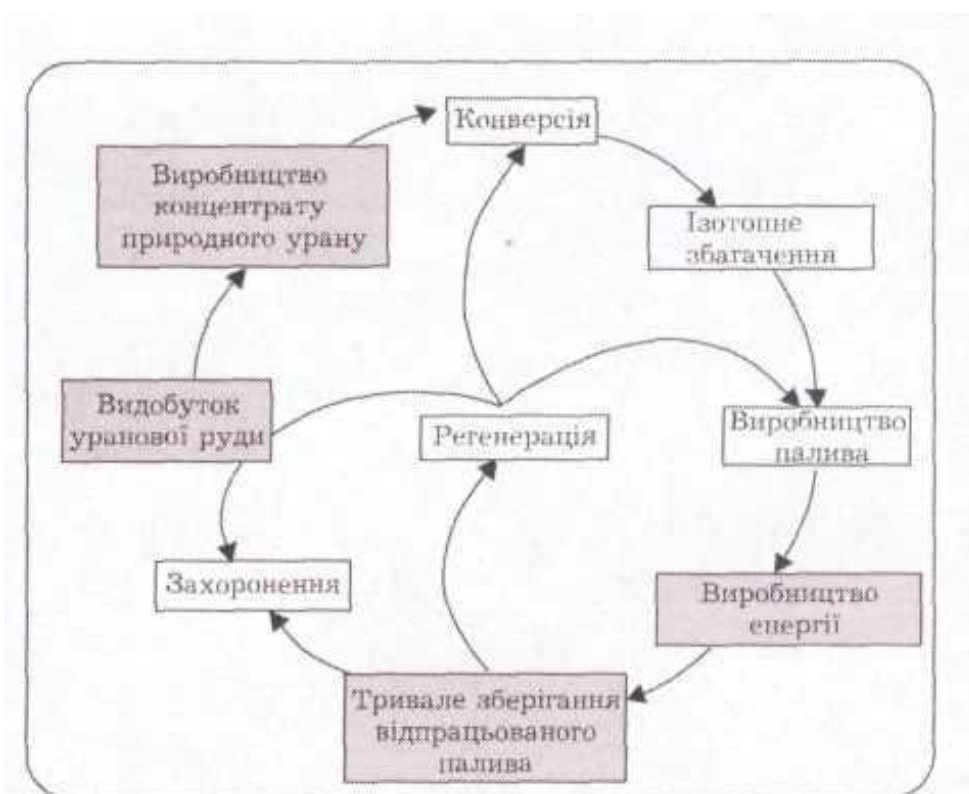


Рис. 5.1 – Схема ядерно паливного циклу (заштриховані складові циклу, які реалізуються в Україні) [3,5]

Ідея максимальної переробки опроміненого ядерного палива лежить в основі методики радіаційно-еквівалентного ядерного паливного циклу. Його технологія була розвинена в Росії протягом останніх 20 років. Ідеться про замкнутий паливний цикл, у результаті якого радіотоксичність кінцевих відходів, які повинні повернутися в землю, відповідає або навіть менша первісної радіотоксичності паливної сировини, добутої на уранових родовищах.

Поза цією системою ліцензування сьогодні залишаються джерела підприємств і медичних установ Міністерства оборони, хоча Україна відмовилася від ядерної зброї і не має військових ядерних програм.

Прикладами дублювання є одночасна видача ліцензій на використання джерел, яку здійснюють Держатомрегулювання та санітарних паспортів, які здійснює Міністерство охорони здоров'я. Ліцензії видаються відповідно до жорстко встановленими і такими, що відповідають сучасним міжнародним вимогам процедурами. Санітарні паспорти є рудиментом радянської системи регулювання та скасовані у всіх колишніх країнах соцтабору, які вступили або мають намір вступити в ЄС.

З іншого боку, "білими плямами" залишилися такі питання, як створення єдиної державної системи дозиметрії, системи навчання та перевірки знань з радіаційної безпеки. Також не виконується така важлива функція як "поширення інформації». Так, механізм періодичного поширення серед користувачів, виробників, постачальників і т.п. інформації щодо захисту, безпеки та інших відомостей, які відносяться до цієї сфери дозволяє всім зацікавленим особам застосовувати компенсуючі заходи та бути готовими до можливих наслідків [29].

Втрати або послаблення здатності регулювання перш за все виникає в таких органах, де діяльність з регулювання радіаційної безпеки не належить до першочергових функцій. Це неминуче призводить до втрати кваліфікованих фахівців, неможливості професійної підготовки нових, низькою рівня оплати праці саме фахівців з ліцензування та інспектування, частих реорганізацій і невдалої структури з точки зору виконання завдань регулювання радіаційної безпеки.

Системний підхід до забезпечення достатнього рівня державного регулювання в сфері забезпечення безпеки і збереженості джерел базується на вищезазначених складових. Недостатня забезпеченість ресурсами регулюючого органу впливає на перевантаження колективу, плинність кадрів, які в свою чергу тягнуть за собою ослаблення ефективності нагляду за ядерною і

радіаційною безпекою, низького рівня виявлення порушень при використанні джерел випромінювання в медицині, промисловості, науці і т.п. і то. призводить до зниження рівня ядерної та радіаційної безпеки. Це, в свою чергу, негативно впливає на імідж України і призводить до негативного впливу на здоров'я людей і стан навколишнього середовища [23].

У 2004 році НАЕК «Енергоатом» було оголошено тендер на спорудження централізованого сховища. У 2005 році переможцем цього тендеру було визнано американську компанію Holtec International, й у тому ж році було укладено з цією компанією контракт на спорудження Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП). Компанія Holtec International є ведучим постачальником і володарем технології «мокрих» та «сухих» систем зберігання ВЯП у США. Корпорація запропонувала впровадити в Україні власну технологію «сухого» зберігання ядерних відходів, апробовану в США, Швейцарії й Іспанії. Планувалось спорудження наземного сховища, де у бетонних контейнерах буде розміщено 17 тис. відпрацьованих тепловиділяючих збірок (ТВЗ) ядерного палива реакторів типу ВВЕР[30].

З метою відпрацювання майбутніх операцій перевантаження ВЯП у ЦСВЯП в грудні 2018 року На Рівненській АЕС стартували випробування обладнання американської компанії Holtec International для проекту ЦСВЯП. Роботи включали перевірки і випробування перевантажувального контейнера HI-TRAC 190, за допомогою якого перевантажується відпрацьоване ядерне паливо з приреакторного басейну витримки атомного енергоблоку в транспортні контейнери HI-STAR для подальшого перевезення в сховище. Контейнер має 3 метри у довжину та важить 84 тонни. Зі станції до сховища контейнери транспортуватимуть на спеціальній залізничній платформі, побудованій спеціально для цих цілей.

Обладнання було поставлено на станцію з заводу HMD (Holtec Manufacturing Division) компанії Holtec International, за технологією якої ведеться будівництво сховища відпрацьованого палива.

У багатоцільовому контейнері може бути розміщена 31 відпрацьована паливна збірка з паливом для реакторів типу ВВЕР-1000 або 85 збірок — для ВВЕР-440.

Також у грудні 2018 року на території Рівненській АЕС було продемонстровано спеціальний потяг, яким перевозитимуть відходи до сховища. Від випадкових зіткнень її захистить «пом'якшувальний» вагон, а сам потяг буде під контролем воєнізованої охорони.

Контрактом на будівництво ЦСВЯП передбачено постачання компанією Holtec спеціального обладнання для сухого зберігання ВЯП і його транспортування, а також надання Україні технології, які будуть застосовані, як на блоках АЕС, так і під час перевезення ВЯП з АЕС в сховище, а також у самому сховищі.

Запланований строк експлуатації сховища становить 100 років. За попередніми розрахунками, планувалось, що термін будівництва сховища становитиме три роки з часу прийняття органами державної влади рішення про його розміщення. Будівництво здійснюється на 18,2 га і розраховане на 458 контейнерів HI-STORM на, як зазначалось вище, 16529 відпрацьованих тепловідляючих збірок, з яких 388 контейнерів на 1201 збірок — для реакторів типу ВВЕР -1000 і 70 контейнерів на 4519 збірок для ВВЕР-440[30]. Поки що процес побудови ЦСВЯП триває. Хоча за останніми даними, станом на осінь 2020 року, на готовності об'єкту в 97% його будівництво різко припинилось з невідомих причин.

У процесі розвитку знаходиться сьогодні і питання забезпечення вітчизняних АЕС свіжим ядерним паливом.

Зважаючи на критичність відносин із Росією проблема ядерної залежності від сусіда-агресора загострилася. Зменшити залежність від Росії має поступове переорієнтування на паливо американського виробництва компанії Westinghouse (для України виготовляються у Швеції). Компанія Westinghouse адаптувала своє паливо під українські реактори радянського виробництва.

Недостатній рівень відповідальності щодо забезпечення безпеки користувачами джерел (ліцензіатами) також визначається рядом причин.

Проблема незабезпеченість безпеки ліцензіатами практично зникає, якщо є повноцінне державне регулювання безпеки джерел, включаючи діючу систему засобів примусу і тиску. Однак, ця проблема залишається для підприємств-банкрутів та стосується відпрацьованих джерел - "спадщини" часів Радянського Союзу. Подальше використання таких джерел за призначенням не планується, технології їх переробки і безпечного зберігання відсутні. Згодом ситуація загострюється внаслідок деградації захисних оболонок джерел, загрози розгерметизації джерел, відсутності можливості їх належного обслуговування в установках, а також втрати кваліфікованих кадрів, які вміли з ними звертатися і добре представляли ступінь небезпеки. Проблема поглиблюється через відсутність контейнерів з такими характеристиками, які б забезпечили надійну ізоляцію вилучених з установок високоактивних джерел і їх розміщення для довгострокового зберігання або захоронення в спеціалізованих сховищах [23].

Таким чином, забезпечення ядерної безпеки в атомній енергетиці реалізується через значну низку засобів та принципів. В умовах перспективного розвитку ядерної галузі інтеграція України до ЄС вимагає врахування закордонного досвіду забезпечення безпеки такої галузі господарювання як ядерна енергетика.

5.2 Стан забезпечення безпеки ядерної галузі в країнах ЄС та впровадження європейського досвіду в Україні

В ЄС використання ядерної енергії регулюється договором 1957 року Європейського співтовариства з атомної енергії (Євроатому), відповідно до якого передбачається, що європейські країни у сфері використання ядерних установок та ядерних матеріалів дотримуються гарантій безпеки. Ці гарантії схожі на ті, що записані в положеннях МАГАТЕ. Однак, на відміну від

МАГАТЕ, Євроатом не встановлює стандартів ядерної безпеки, які б мали силу закону.

Потенційна небезпека джерел жевріє із закінченням строків їх експлуатації та використанням за призначенням. У деяких випадках і для певних їх категорій може бути продовжений термін експлуатації після оцінки їх залишкового ресурсу і технічного стану. В інших варіантах, якщо залишкові рівні випромінювання перевищують встановлені рівні вилучення, згідно з вимогами законодавства, власник відпрацьованих джерел в найкоротші терміни повинен позбутися таких джерел, шляхом передачі їх на подальше зберігання / захоронення спеціалізованим підприємствам. Поширення сфер застосування джерел тягне за собою збільшення кількості відпрацьованих джерел випромінювання і, відповідно, обсягів радіоактивних відходів.

Проблема ускладнюється тим, що існуючі з радянських часів технології захоронення джерел в сховищах колодязної типу на спеціалізованих комбінатах УкрДО "Радон" не передбачали можливість їх подальшого вилучення. При цьому вони не мають обґрунтованої безпеки таких поховань на весь період, поки рівні випромінювання різних джерел в сховищах не досягнуть значень навколишнього середовища. Комплексною програмою поводження з РАВ в редакції постанови КМУ №2015 від 25 грудня 2002 року, передбачено, що всі спецкомбінати УкрДО "Радон" перепрофілюються в місця тимчасового зберігання РАВ, тобто для всіх подальших надходжень відпрацьованих джерел має бути забезпечено контейнерне зберігання на період до спорудження централізованого сховища [30].

Однак технічне переоснащення спецкомбінатів та розширення контейнерного парку відбувається досить повільними темпами, тоді як процеси корозії, підтоплення та деградації інженерних бар'єрів діючих сховищ унеможливають здійснювати поховання відпрацьованих джерел колишнім способом без належного обґрунтування безпеки, переоснащення і реконструкції сховищ колодязного типу.

Маючи потреби в ресурсах на переоснащення, спецкомбінати "Радон" збільшують вартість своїх послуг на розміщення нових надходжень відпрацьованих джерел на контейнерне збереження, не мають ефективних технологій переробки відпрацьованих джерел і сертифікованих пристроїв для безпечної розрядки відпрацьованих джерел випромінювання.

З іншого боку, збанкрутілі підприємства і значна кількість медичних, наукових та навчальних закладів не мають ресурсів і кошти на сплату послуг з перевезення і розміщення на зберігання своїх відпрацьованих джерел і тримають їх у себе, незважаючи на процеси деградації захисних оболонок джерел, втрати кваліфікованого обслуговуючого персоналу[24].

Нарешті, нерозвиненість мережі повноцінних і якісних послуг з безпеки джерел визначається рядом причин.

Сьогодні тільки окремі "великі" ліцензіати (користувачі) джерел, наприклад, великі дослідницькі центри, можуть дозволити собі мати спеціалізовані служби, які задовольняють їхні потреби в зазначених сферах, тобто можуть мати свої окремі: службу радіаційного контролю; навчальний центр; сервісну службу; спеціалізоване сховище; аварійну бригаду.

Решта ліцензіати змушені "купувати" послуги з навчання та сервісу, що відповідно, впливає на вартість продукції і послуг, або приховати свою неможливість забезпечити належний рівень навчання і підготовки персоналу, що безумовно, впливає на безпеку і якість наданих послуг із застосуванням джерел випромінювання [29].

Таким чином, розвиток і поширеною сфер застосування джерел випромінювання, поява на сучасному ринку послуг новітніх пристроїв, обладнання та радіаційних технологій, вимагають з боку держави впровадження відповідних заходів з підтримки, розвитку та вдосконалення державної системи регулювання ядерної та радіаційної безпеки, створення інфраструктури для зберігання, транспортування, фізичного захисту джерел і послуг за їх налагодженні, обслуговування і контролю технічного стану.

З огляду на обсяги і темпи освіти відпрацьованих джерел, повинні бути забезпечені достатність ресурсів ліцензіатів для накопичення коштів щодо поводження з РАВ, впровадження технологій для їх переробки, упаковок для довгострокового безпечного зберігання, сховищ для остаточного захоронення радіоактивних відходів, або договорів які гарантують повернення виробнику відпрацьованих джерел випромінювання/

Загальною рисою нинішньої політики країн ЄС у ядерній сфері є зміна пріоритетів: якщо раніше головною метою було розвиток АЕС і підприємств ядерно-паливного циклу, то сьогодні зусилля спрямовані на оптимізацію технічних характеристик, продовження термінів експлуатації, розробку інноваційних технологій з урахуванням конкурентоспроможності, поліпшення сприйняття громадськістю через підвищення безпечності експлуатації, мінімізацію відходів і викидів у навколишнє середовище[25].

Метою державної політики підвищення безпеки джерел іонізуючого випромінювання є досягнення повної впевненості в тому, що всі джерела випромінювання в будь-який відрізок часу знаходяться у компетентних користувачів, мають відповідний рівень фізичного захисту, застосовуються виключно за призначенням і після завершення експлуатації будуть передані на зберігання / захоронення спеціалізованим підприємствам або повернуті виробникові.

Головними показниками результативності такої політики можуть бути [25]:

- відсутність випадків переопромінення людей і забруднення навколишнього природного середовища внаслідок аварій з джерелами випромінювання;
- зменшення кількості джерел випромінювання у незаконному обігу;
- ліквідація "покинутих" і безконтрольних джерел і умови зменшення їх появи в майбутньому.

Очікуваними наслідками такої політики слід вважати:

- зменшення витрат державного бюджету на ліквідацію наслідків радіаційних аварій і компенсаційні виплати постраждалим;
- зростання довіри суспільства до органів державної влади;
- підвищення міжнародного іміджу України, як правової держави, яке, виконує свої зобов'язання по міжнародних режимів безпеки, дотримується принципів імпорту та експорту джерел і демонструє на практиці дотримання Кодексу поведінки з безпеки та збереженості джерел іонізуючого випромінювання;
- зменшення ризиків викрадення джерел випромінювання і загроз їх застосування у терористичних цілях.

Для досягнення цілей політики слід здійснювати і ряд системних заходів з тим, щоб забезпечити [26]:

- відповідність регулюючої системи сучасному стану суспільних відносин у сфері виробництва та використання джерел випромінювання і ступеня їхньої потенційної небезпеки;
- відповідальність ліцензіатів (користувачів) за безпеку джерел і покладання на них фінансових зобов'язань з створенні інфраструктури для поводження з відпрацьованими джерелами, переведеними до категорії РАВ;
- створення розвиненої системи послуг з радіаційної безпеки, як основи для збереження і підтримки кадрового і технічного потенціалу країни в сфері високих технологій.

Значна кількість державних діячів визначили вимоги ЄС як політичний тиск і вияв конкурентної боротьби європейських атомних компаній з російськими, але бажання членства в ЄС стало вирішальним фактором.

Відносно забезпечення відповідності системи державного регулювання сучасному стану суспільних відносин у сфері виробництва та використання джерел випромінювання і ступеня їхньої потенційної небезпеки варіант "нічого не змінювати" за цим напрямком хоча і припустимо, але на досить обмежений час. Завершення первинного ліцензування користувачів джерел випромінювання має супроводжуватися адекватним інспекційним наглядом,

оцінкою рівня кваліфікації і культури безпеки ліцензіатів, переконанням в тому, що система якості управління ліцензіата дієздатна для забезпечення ліцензійних вимог, В іншому випадку, якщо не впроваджені механізми контролю і "зворотного зв'язку", витрачені на ліцензування ресурси не дадуть очікуваного ефекту щодо безумовних гарантій безпеки джерел. "Покинуті" джерела також краще ідентифікувати і визначити технології поводження з ними на той час, поки процеси корозії не порушать їх захист, вони не потраплять на звалище.

Варіант створення нової регулюючої системи, наприклад шляхом делегування функцій з регулювання безпеки джерел місцевим органам влади, може привести до розосередження інформації щодо джерел по окремим галузям, ускладнить питання контролю за експортом-імпортом джерел, збільшить кількість регуляторів без належного кадрового, технічного і методологічного забезпечення, не вирішить питання поводження з відпрацьованими «покинутими» і "військовими" джерелами. За час, необхідний на створення нової системи, може бути втрачено регулюючий контроль над значною кількістю джерел. Відновлення контролю потребуватиме додаткових і значних ресурсів з обласних бюджетів.

Забезпечення достатнього рівня державного регулювання безпеки джерел складається в забезпеченості впевненості в тому, що ліцензіат дотримується норм і правил поводження з джерелами, вони знаходяться під безперервним і належним контролем і не будуть використовуватися не за призначенням, зі злочинною метою і їх використання не завдасть шкоди персоналу, населенню та навколишньому природному середовищу [27].

Таким чином, найбільш доцільним і реалістичним бачиться варіант щодо поліпшення і еволюційному розвитку існуючої системи державного регулювання безпеки джерел іонізуючого випромінювання шляхом чіткого розподілу повноважень, відповідальності і функціональних обов'язків регуляторів.

Потребує якнайшвидшого введення в експлуатацію і побудоване Сховище відпрацьованого ядерного палива «сухого» типу (СВЯП-2) на Чорнобильській АЕС. Так, на даний час відбуваються «гарячі» випробування (СВЯП-2), які планується завершити до середини грудня 2020 року.

Проведення «гарячих» випробувань полягає у переміщенні у нове сховище 186 відпрацьованих тепловиділяючих збірок, які після обробки будуть розташовані у бетонних модулях зберігання. Під час переміщення, кожна паливна збірка ділиться навпіл, а кожна половинка тепловиділяючої збірки (один пучок тепловиділяючих елементів - ТВЕЛів) поміщається у так званий герметичний патрон.

Загалом, 196 патронів будуть поміщені у герметичний сухий екранований пенал. А чотири пенали будуть розміщені в одному бетонному модулі зберігання.

Згадане вище, існуюче СВЯП-1 - сховище "мокрого типу", не призначене для дострокового зберігання відпрацьованого ядерного палива. СВЯП-1 було введено в експлуатацію в 1986 році, термін його експлуатації, визначений за результатами переоцінки безпеки, виконаної у 2011 році, завершується наприкінці 2025 року. Тому, для забезпечення довгострокового безпечного зберігання ВЯП, яке знаходиться на СВЯП-1, на майданчику Чорнобильської АЕС збудоване сховище "сухого" типу.

Вартість проекту з будівництва СВЯП-2 склала 412,818 млн євро. Фінансування проекту здійснюється Європейським банком реконструкції та розвитку. Підрядник проекту - компанія Holtec International (США).

На початку 2020 року було успішно проведено «холодні» випробування СВЯП-2 з імітаторами відпрацьованих тепловиділяючих збірок. Було отримано сертифікат відповідності закінченого будівництва об'єкта від Державної архітектурної служби України, погоджено програми «гарячих» випробувань та Звіт з аналізу безпеки.

На початку вересня 2020 року Держатомрегулювання України видала Державній службі з управління зоною відчуження «Чорнобильська АЕС»

окремий дозвіл на провадження діяльності введення в експлуатацію ядерної установки Сховища відпрацьованого ядерного палива «сухого» типу (СВЯП-2). Це дозволило розпочати «гарячі» випробування із реальним відпрацьованим паливом, яке буде перевозитись зі сховища «мокрого» типу (СВЯП-1) у нове сховище «сухого» типу (СВЯП-2).

У рамках програми ТАСІС споруджується промисловий комплекс поводження з твердими радіоактивними відходами, що є найбільш значним проектом за весь час існування програми. Комплекс призначено для переробки і зберігання твердих РАВ, що вже накопичилися на промайданчику ЧАЕС, та тих, що утворюватимуться під час виведення ЧАЕС з експлуатації та перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему. Кошторисна вартість комплексу — 44 млн євро. Одночасно ведеться спорудження заводу з переробки рідких відходів[28,29].

Відповідно до ситуації, що склалася в галузі, питання поводження з РАВ в сфері забезпечення ядерної безпеки є, як зазначалось вище нагальним і таким, що потребує якнайшвидшого вирішення.

5.3 Шляхи забезпечення ядерної безпеки в умовах перспективного розвитку атомної енергетики

Розвиток ядерної галузі згідно Енергетичної стратегії України повинен відбуватися за наступними напрямками[1]:

- створення власного ядерно-паливного циклу;
- модернізація, реконструкція, підвищення безпеки діючих АЕС, поводження з ВЯП та РАВ;
- продовження терміну експлуатації АЕС;

В Об'єднаній конвенції про безпеку відпрацьованої ядерного палива та безпеку поводження з радіоактивними відходами, в Конвенції про ядерну безпеку ключовими є положення про наявність у держави органу регулювання ядерної та радіаційної безпеки і наділення його відповідними повноваженнями,

які повинні бути законодавчо закріплені, так само, як статус, функції і необхідні для їх виконання ресурси, перш за все кадри відповідної кваліфікації. На принципі незалежності регулюючого органу побудовані стандарти безпеки та інші документи МАГАТЕ.

Основними напрямками розвитку і реформування законодавчої бази повинні бути [29]:

- приведення її у відповідність з міжнародними підходами, гармонізація з вимогами ЄС та максимальне врахування успішної практики регулювання;
- розвиток положень законодавства відповідно до принципів пріоритетності забезпечення ядерної та радіаційної безпеки над іншими інтересами, забезпечення незалежності та об'єктивності органів державної регулювання ядерної та радіаційної безпеки при оцінці безпеки;
- впровадження принципів державної регуляторної політики: доцільності, адекватності, ефективності, збалансованості, передбачуваності та прозорості;
- забезпечення кодифікації законодавства, пріоритетності та системності в розробці норм і правил;
- розвиток "правил організації робіт" для досягнення балансу з "правилами-розпорядженнями»;
- диференціація вимог безпеки в залежності від потенційної небезпеки, яку має певний вид діяльності за конкретними установкам (джерелами);
- заміна тих діючих норм і правил, які були розроблені в Радянському Союзі в принципово іншій економічній та ідеологічній середовищі, на національні норми і правила, які спираються на сучасні міжнародно-визнані принципи безпеки.

Підвищення ефективності виконання функцій ліцензування та нагляду залежить від [30]:

- координації Держатомрегулювання діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади, які відповідно до законодавства здійснюють державне регулювання ядерної та радіаційної безпеки (при необхідності, з метою уникнути дублювання функцій внесення змін до Положення органів

виконавчої влади, які здійснюють окремі функції державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки);

- поширення регулюючого контролю на "військові" джерела випромінювання (складання переліку таких джерел визначення їх правового статусу), розробка програм подальшого поводження з ними або утилізації, здійснення дієвої контролю за ефективністю виконання заходів);

- розробка і виконання програм забезпечення безпеки джерел (розробка відповідних науково - обґрунтовують програм, впровадження автоматизованих систем контролю впровадження, включаючи показники і критерії ефективності);

- поліпшення забезпеченості ресурсами регулюючого органу (фінансові та людські ресурси, оптимізація структури, систем матеріального і морального заохочення з метою зниження плинності кадрів, збереження спадковості, і досвіду):

- кваліфікації інспекторів (створення постійно діючої системи підвищення кваліфікації, оцінки знань і навичок, інформаційно-аналітичної бази);

- оцінок безпеки "прототипу" джерел (на підставі існуючого регулює досвіду і розрахункових і адаптованих моделей).

В процесі реформування слід унеможливити порушення самої головного принципу регулювання - незалежності. Порушення цього принципу виникає коли самі регулюючі органи (наприклад, МОЗ та Мінприроди) мають в своєму управлінні підприємства, організації установи, які використовують джерела випромінювання.

За останні роки певні успіхи щодо зміцнення інституційної спроможності та незалежності Державного комітету ядерного регулювання України. У 2005 році була оновлена його структура, значно посилена внутрішня і зовнішня координації, вводиться система якості. Урядом України прийнято рішення щодо стимулювання (в частності, підвищення оплати праці) працівників комітету, які безпосередньо виконують функції державного регулювання

ядерної та радіаційної безпеки, починаючи з 2006 року. Співробітникам комітету, які пройшли відповідні кваліфікаційні випробування, був наданий статус державних інспекторів. Це звання передбачає періодичне підтвердження рівня кваліфікації шляхом атестації.

Основними напрямками розвитку і реформування Держатомрегулювання на 2008-2012 роки передбачено [30]:

- законодавче закріплення інституту органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки (Державного комітету ядерного регулювання України) як окремо уповноваженого і незалежного державної установи;

- зосередження в державному органі регулювання ядерної та радіаційної безпеки максимальних регулюючих повноважень;

- подальший розвиток територіальних органів (інспекцій) органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки для забезпечення надійного регулюючого контролю;

- зміцнення органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки шляхом його забезпечення фінансовими і людськими ресурсами для виконання покладених на нього обов'язків, удосконалення системи підвищення кваліфікації, подальше впровадження кваліфікаційної атестації працівників Державного комітету ядерного регулювання, які безпосередньо виконують функції з державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки;

- створення умов інституційної стабільності державного регулювання безпеки;

- документоване розподіл повноважень і механізм взаємодії між основним органом державного регулювання і тими органами виконавчої влади, які виконують функції регулювання в суміжних сферах, і його практичне впровадження;

- впровадження в практику регулювання ризик-орієнтованих підходів;

- удосконалення системи кризового реагування та посилення інформаційної складової;

- створення інформаційного центру для надання інформаційних послуг ведення просвітницької діяльності.

При реформуванні важливо продовжити розвивати інститути експертів (консультантів) і консультативних комітетів. Як правило, регулюючий орган має два консультативних комітету: Консультативний комітет з реакторної безпеки і Консультативний комітет з радіаційного захисту. Одним з таких комітетів може стати Національна Комісія з радіаційного захисту, яка зараз працює не при регулюючому органі, а при Верховній Раді України. Процеси реформування системи державного регулювання покликані перетворити існуючу культуру виконання в справжню культуру безпеки.

Значної уваги потребує питання впровадження принципів відповідальності за ядерну шкоду, гарантій відшкодування шкоди, заподіяної в результаті ядерного інциденту, шляхом внесення змін до чинного законодавства. Вирішується питання про створення глобальної системи забезпечення відшкодування ядерної шкоди, побудованої на комплексному, глобальному обов'язковому страхуванні цивільної відповідальності оператора ядерної установки (експлуатуючої організації) за ядерну шкоду[31].

Залишення системи пошуку кинутих джерел і поводження з відпрацьованими джерелами без змін, призведе сьогодні до неможливості в повному обсязі гарантувати безпеку і збереження джерел, їх недоступність для злочинців.

У разі обрання варіанту вдосконалення пасивного пошуку покинутих джерел в ключових точках (межа, порти, підприємства з поводження з металобрухтом і т.п.) і посилення тиску на ліцензіатів з передачі відпрацьованих джерел на спеціалізовані підприємства, необхідно 100% оснащення порталними моніторами всіх ключових точок, особливо металургійних комбінатів і прикордонних пунктів. На жаль, система пасивного пошуку працює лише, коли покинутий джерело досягає точки контролю, якщо джерело не переміщається, або переміщається поза точок контролю, то проявити його можна тільки в разі аварійної ситуації або через "активний

пошук", що потребує додаткових ресурсів, адаптованих методах пошуку і технологій.

Метод активного пошуку найбільш потужний метод генеральної "чистки" території країни від кинутих джерел. Крім обшуку всіх "підозрілих майданчиків" з переносними приладами радіаційного контролю, застосування пошуку може вимагати таких додаткових методів як гаммааерос'ємка і автомобільна гамма зйомка, а також тісної співпраці з місцевими організаціями та екологічними організаціями.

Таким чином, з метою отримання бажаного ефекту бачиться доцільним додатково ввести: активний пошук кинутих джерел, для відпрацьованих джерел - механізми " фінансової безпеки ", для майбутніх джерел і державну фінансову" амністію "для вже накопичених відпрацьованих джерел [31].

Для нових джерел від ліцензіатів слід вимагати договір, в якому чітко вказано, що джерело повертається до постачальника або надаються фінансові гарантії. Такий фінансовою гарантією може бути сплата до Фонду поводження з РАВ, законодавчі основи якої до сих пір створюються, а дискусія щодо способів накопичення кошти триває. Одночасно необхідно забезпечити створення інфраструктури для довготривалого (до поховання в глибоких геологічних формаціях) зберігання відпрацьованих високоактивних джерел. Щодо "старих" джерел єдиним перевіреним міжнародною практикою засобом є "амністія" тобто збір за державні кошти всіх джерел від яких відмовляються користувачі. Ця акція здійснюється тільки один раз, після чого починають працювати жорсткі вимоги "фінансової безпеки". Зараз в Україні здійснюється така амністія в рамках "Державної програми забезпечення безпечного зберігання відпрацьованих високоактивних джерел", але поки програма діє тільки для джерел 1-ї категорії небезпеки [3].

Основними напрямками вирішення проблеми відпрацьованих джерел, з урахуванням потреб часу і фінансових ресурсів можуть бути такі [32]:

- встановлення на законодавчому рівні вимог щодо наявності гарантій повернення джерел випромінювання виробнику після завершення термінів їх експлуатації для нових джерел певних типів і потужності;
- модернізація і переоснащення діючих спеціалізованих підприємств УкрДО "Радон", в т.ч. розширення їх контейнерного парку для зберігання відпрацьованих джерел різних типів;
- вибір майданчика, проектування і будівництво централізованого сховища для «старих» відпрацьованих джерел, включаючи витрати на забезпечення інституційного контролю на весь період їх потенційної небезпеки;
- розробка і впровадження технологій безпечної переробки для певних категорій відпрацьованих джерел;
- встановлення чітких правил щодо переведення генеруючих пристроїв в неробочий стан без можливості "реанімації" і переклад джерел в категорію РАО з урахуванням економічної виправданості;
- формування резерву коштів, в т.ч. шляхом залучення міжнародної технічної допомоги, для безпечного поводження і розміщення на зберігання борошняних і вилучених з незаконного обігу відпрацьованих джерел а також відпрацьованих джерел збанкрутілих підприємств.

Третім основним системним механізмом є забезпечення повноцінних та якісних послуг з безпеки джерел.

До основних послуг, які мають бути забезпечені державою відповідно до міжнародного "Кодексу поведінки із забезпечення безпеки і збереженості джерел відносяться [30]:

- послуги з радіаційного контролю, включаючи дозиметричний контроль персоналу і перевірку призначених доз пацієнтів;
- послуги з навчання персоналу установок з джерелами випромінювання;
- послуги кваліфікованого експерта з радіаційної безпеки;
- послуги з технічного обслуговування джерел для підтримки їх у стані, що дозволяє їх безпечну експлуатацію;

- послуги з безпечного зберігання джерел і (або) їх захоронення в кінці їх життєвого циклу;
- послуги щодо ліквідації аварійних ситуацій з джерелами випромінювання;
- послуги з компетентною охорони та супроводу в процесі транспортування окремих категорій джерел.

В принципі ці основні види послуг можна представити послідовністю дій: "вимірювати - вчити - радити - обслуговувати - захоронювати - ліквідувати - охороняти".

До слова, для переважної більшості ліцензіатів (користувачів) безпеку джерел критично залежить від якості послуг. В ринкових умовах система послуг може розвиватися на конкурентних засадах в рамках певних і прозорих критеріїв відповідності та якості.

У разі існування системи послуг з безпеки без змін, будуть залишатися і корінні причини виникнення радіаційних аварій з усіма їхніми економічними соціальними і психологічними наслідками.

Так розвиток послуги з радіаційного контролю стримується тим фактом, що це питання одночасно відноситься до компетенції двох центральних органів виконавчої влади: Держспоживстандарту - в частині метрології та МОЗ - в частині методології. При цьому розподіл відповідальності за встановлення вимог до послуги і контроль якості - відсутні. Діючі вимоги поширюються лише на метрологічну частину послуги, а саме Держспоживстандарт акредитує лабораторії радіаційної контролю на певні види контролю. Вимоги щодо повноти і методів такого контролю відсутні. Якщо рівень забезпеченості радіаційним контролем в Україні в цілому можна оцінити як задовільний, то Єдина державна система обліку та контролю індивідуальних доз досі відсутня, що є негативним фактом. Саме облік і аналіз індивідуальних доз є критерієм ефективності заходів з оптимізації в масштабах країни [33].

Необхідним є також впровадження заходів, спрямованих на вдосконалення Системи радіаційного контролю навколишнього середовища в

районі розташування АЕС, впровадження системи управління навколишнім середовищем на АЕС, що відповідала б вимогам міжнародних стандартів серії ISO 14000.

Пріоритетними залишаються питання поводження з ВЯП АЕС та РАВ ядерної енергетики. Так, з введенням в експлуатацію «сухого» сховища відпрацьованого ядерного палива на Запорізькій АЕС у 2001 році в Україні розпочалася реалізація «відкладеного рішення» проблеми поводження з відпрацьованим ядерним паливом. Цей напрям вирішення проблеми ВЯП отримав своє продовження на сучасному етапі у прийнятті та в реалізації рішення про спорудження централізованого «сухого» сховища для ВЯП інших вітчизняних АЕС. Така політика відповідає вимогам безпеки та ядерного нерозповсюдження, а також знаходиться в руслі світових тенденцій у сфері поводження з ВЯП[34].

В Україні існує мережа навчальних центрів з радіаційної безпеки, які акредитовані Держспоживстандартом і мають узгоджені Держатомрегулювання програми навчання. Однак не визначений орган влади, уповноважений встановлювати вимоги до такої послуги і контролювати її якість.

В Україні практично відсутні послуги кваліфікованих експертів, їх треба створювати шляхом закріплення інституту експертів в законодавстві і стимулювання розвитку експертного середовища.

Послуги з технічного обслуговування джерел випромінювання практично зникли з розпадом СРСР і їх відновлення відбувається дуже повільно.

Закупівля послуг безпеки джерел випромінювання за кордоном, переважно, практикується найменш розвинутими країнами. Переваги такого підходу в тому, то відсутні потреби щось робити на національному рівні, крім впровадження механізму "визнання" іноземної послуги. Недоліками є постійна залежність, відсутність розвитку і високі ціни на послуги. У разі відсутності прогресу розвитку вітчизняного ринку послуг з безпеки такий варіант може стати єдиним виходом із ситуації, принаймні, для деяких категорій джерел випромінювань.

Варіант створення національної системи надання повноцінних і якісних послуг з безпеки виглядає найбільш привабливим, хоча і потребує скоординованих дій кількох відомств. Переваги цієї альтернативи виникають в тому, що зберігаються і розвиваються знання, досвід, кадровий потенціал і робочі місця, відбувається адаптація новітніх технологій до національних потреб [30].

Таким чином, основними напрямками вирішення проблеми розвитку системи послуг в сфері безпеки є [35]:

- встановлення державного стандарту (вимог) послуги, яка повинна забезпечити безпеку джерел випромінювання;
- створення відповідної послуги щодо безпеки джерел або її удосконалення до відповідності стандарту (вимогам);
- доведення інформації до ліцензіатів (користувачів джерел) про доступність послуг;
- контроль повноцінності набору послуг;
- контроль якості (відповідності) послуг.

У сфері реалізації механізмів забезпечення радіаційної безпеки вагоме місце відводиться моніторингу результатів політики з безпеки джерел випромінювання [35].

Моніторинг результатів політики з безпеки джерел, зокрема, щодо удосконалення державного регулювання радіаційної безпеки, провадження діяльності з використання джерел повинен забезпечуватися шляхом постійної взаємодії з ліцензіатами і постачальниками послуг з безпеки джерел.

Основними джерелами інформації для моніторингу повинні служити[35]:

- інспекційні перевірки;
- звіти аналізу безпеки джерел ліцензіатів;
- звіти ліцензіатів, інспекторів, компетентних органів влади про радіаційні інциденти і аваріях, включаючи випадки виявлення покинутих джерел і джерел в незаконному обігу;

- звіти Державного реєстру джерел, що стосуються повноти обліку і контролю над джерелами на території України:

- опитування ліцензіатів;
- звіти про виконання державних програм з безпеки;
- результати оціночних місій МАГАТЕ в Україні;
- звернення громадян та публікації в ЗМІ.

Попередніми умовами досягнення цілей політики можуть бути [35]:

- кількість радіаційних аварій з радіаційним впливом на персонал і населення;
- кількість випадків втрати регулюючого контролю за джерелами іонізуючого випромінювання;
- результативність виявлення покинутих джерел і джерел, які знаходяться у незаконному обігу;
- зменшення на підприємствах кількості джерел випромінювання, подальша експлуатація яких не передбачається, шляхом передачі їх для зберігання (поховання) на спеціалізовані підприємства;
- ступінь впровадження єдиної державної системи обліку доз опромінення персоналу і населення;
- ступінь виконання Державної програми забезпечення безпечного зберігання відпрацьованих високоактивних джерел випромінювання;
- ступінь охоплення регулюючим контролем джерел;
- доступність і якість послуг з безпеки джерел випромінювання;
- отримання позитивної оцінки діяльності Держатомрегулювання з боку громадськості, національних і міжнародних організацій.

Інтеграція України до ЄС вимагає врахування закордонного досвіду забезпечення безпеки такої галузі господарювання як ядерна енергетика, аналізу нормотворчих процесів з метою подальшої поступової адаптації механізмів правового регулювання в цій сфері до загальноєвропейських. Адаптація цих механізмів потребує прийняття та реалізації законодавчих актів, що мають діяти вже на європейських принципах, спрямованих на [33,35]:

- підтвердження відповідності продукції, що постачається на підприємства атомної енергетики;
- залучення та використання фінансових ресурсів для зняття з експлуатації АЕС та передачі на довгострокове зберігання/захоронення РАВ;
 - впровадження санітарних норм і правил для АЕС;
 - спорудження сховищ ВЯП та РАВ;
 - продовження терміну експлуатації АЕС;
 - забезпечення кредитування будівництва нових об'єктів ядерно-енергетичного комплексу (ЯЕК);
- виконання процедур підготовки і передачі на захоронення РАВ підприємств ЯЕК;
 - остаточного захоронення РАВ у глибинних геологічних формах;
 - поводження з ВЯП після його довгострокового безпечного зберігання.

Значного наголосу набувають питання впровадження принципів відповідальності за ядерну шкоду, гарантій відшкодування збитку, заподіяного в результаті ядерного інциденту, шляхом внесення змін до діючого законодавства.

ВИСНОВКИ

Широкомасштабне використання атомної енергії в другій половині ХХ ст. зумовило встановлення міжнародного співробітництва в цій сфері на багатосторонній і двосторонній основі.

Співробітництво здійснюється переважно в рамках діяльності міжнародних організацій, зокрема таких, як МАГАТЕ, Агентство з Ядерної енергетики, Євроатом.

Термін "іонізуюче випромінювання" характеризує будь-яке випромінювання, яке прямо або опосередковано викликає іонізацію навколишнього середовища (утворення позитивно і негативно заряджених іонів).

Відповідно, джерело іонізуючого випромінювання (ДІВ) - об'єкт, що містить радіоактивний матеріал або технічний пристрій, що випускає або здатне в певних умовах випускати іонізуюче випромінювання.

Всі джерела іонізуючого випромінювання поділяються на природні і штучні (антропогенні). Як природні, так і штучні іонізуючі випромінювання можуть бути електромагнітними (фотонними або квантовими) і корпускулярними.

Радіаційний фон Землі, або Естетстственно радіаційний фон складається з трьох компонент:

- 1) космічне випромінювання;
- 2) випромінювання від розсіяних в земній корі, повітрі та інших об'єктах зовнішнього середовища природних радіонуклідів (в основному елементів від продуктів розпаду радону, торію і радю.
- 3) випромінювання від штучних (техногенних) радіонуклідів.

Радіоактивність в природі обумовлена поширенням природних радіоактивних елементів і ізотопів в різних природних утвореннях: мінералах і

гірських породах, атмосфері, гідросфері, біосфері, всіх живих організмах, що населяють планету, а також в космічних тілах.

Космічне випромінювання складається з частинок, захоплених магнітним полем Землі, галактичного космічного випромінювання і корпускулярного випромінювання Сонця. Радіаційний фон, створюваний космічними променями, дає приблизно 40% зовнішнього опромінення, одержуваного населенням від природних джерел радіації.

Дози випромінювання над поверхнею Землі, створювані розсіяними природними радіонуклідами, визначаються, перш за все, їх змістом ґрунті, де їх концентрація залежить від радіоактивності почвообразуючих гірських порід, від процесів вилуговування ґрунтів ґрунтовими водами, сорбції радіонуклідів ґрунтами і осадження їх з ґрунтових вод. Уран і торій широко поширені в навколишньому середовищі і є основним джерелом радіоактивності ґрунту.

Природні джерела іонізуючого випромінювання обумовлюють як зовнішнє опромінення (космічне випромінювання; випромінювання радіонуклідів, присутніх у земній корі і будівельних матеріалах), так і внутрішнє, пов'язане з надходженням радіонуклідів природного походження при диханні або через травний тракт.

Середня ефективна доза зовнішнього опромінення, яку людина отримує за рік від земних джерел природної радіації, становить приблизно 350 мкЗв. З природних радіонуклідів найбільший внесок у формування дози зовнішнього опромінення з ураном і торієм вносять радій, радіоактивний калій, радон. У розчиненому вигляді природні радіонукліди містять всі природні джерела прісної води.

Приблизно 2/3 ефективної дози опромінення, яку людина одержує від природних джерел радіації, надходить від радіоактивних речовин, що потрапили в організм з їжею, водою і повітрям, і створюють внутрішнє опромінення.

Підвищене надходження радіонуклідів супроводжується посиленням накопичення їх в органах і тканинах: в кістках, гонадах, легких, червоному

кістковому мозку. Середня доза внутрішнього опромінення за рахунок радіонуклідів земного походження становить 1,35 мЗв / рік. Найбільший внесок (близько 3/4 річної дози) дають радон і продукти його розпаду.

Природний радіаційний фон змінюється від місцевості до місцевості. Рівні земної радіації неоднакові, оскільки залежать від концентрації радіоактивних ізотопів на конкретній ділянці земної кори. В середньому дози від земної радіації становлять від 0,3 до 0,6 мЗв на рік. Однак є місця де природний радіаційний фон в сотні разів перевищує середнє значення по планеті в 20-100 і навіть 1000 разів.

Неоднорідність природного радіаційного фону на території України обумовлюється в основному за рахунок радонової складової. Центральну частину України складає Центральнoукраїнський кристалічний масив, з яким пов'язана Центральнo-Українська радіогеохімічних провінція, що вміщає Кіровоградський урановорудний район. Дозові навантаження за рахунок радону в житлових приміщеннях сільської місцевості різних регіонів України, в залежності від специфічних умов геологічної будови територій, складають для населення від 0,15 бер / рік до 1,0 ... 1,5 бер / рік. В цілому, за рік середньостатистичний громадянин України отримує дозове навантаження в 0,52 бер.

В останні півстоліття в значній мірі природний радіаційний фон планети формує іонізуюче випромінювання від штучних (техногенних) радіонуклідів.

Сфера застосування джерел іонізуючих випромінювань дуже широка:

- в промисловості - це в першу чергу атомна енергетика, промислові методи отримання трансуранових елементів; активаційний аналіз для швидкого визначення домішок у сплавах, металу в руді, якості вугілля і т.п.; використання в складі великої кількості приладів, в різних галузях промисловості і сферах діяльності, в т.ч. для автоматизації різних процесів: вимірювання рівня рідини, щільності і вологості середовища, товщини шару, запиленості і т.д. Застосовуються вони також в промислових фізико-технічних джерелах заряджених частинок - прискорювачі електронів (мікротрон, Бетатрон

лінійні хвильові прискорювачі), що використовуються для отримання високоенергетичних потоків електронів.

- на транспорті - це потужні реактори для надводних і підводних кораблів;

- в сільському господарстві - це установки для масового опромінення овочів з метою запобігання їх від цвілі, м'яса - від псування; виведення нових сортів шляхом генетичних мутацій, стерилізації пакувальних матеріалів;

- в геології - це нейтронний каротаж для пошуків нафти, активаційний аналіз для пошуків і сортування металевих руд, для визначення масової частки домішок в природних алмазах;

- в науковій діяльності, при проведенні наукових досліджень - широко застосовуються для наукових цілей фізико-технічні джерела заряджених частинок - прискорювачі електронів (мікротрон, Бетатрон лінійні хвильові прискорювачі), дослідницькі ядерні реактори.

- в медицині - це вивчення виробничих отруєнь методом мічених атомів, діагностика захворювання за допомогою активаційного аналізу, методу мічених атомів і радіографії, лікування пухлин γ -променями і α -частинками (променева терапія) за допомогою прискорювачів елементарних частинок, рентгенотерапевтичних і гамма-терапевтичних апаратів, стерилізація фармацевтичних препаратів, одягу, медичних інструментів і обладнання γ -випромінюванням, лікування та діагностика за допомогою радіофармацевтичних препаратів і т.ін.

Розширення застосування джерел іонізуючих випромінювань в різних сферах людської діяльності призвело до появи або відкриття нових радіонуклідів, що володіють різними властивостями. В цілому, на сьогоднішній день відомо близько 2000 радіонуклідів. Деякі з них мають істотне значення перш за все за ступенем і характером впливу на живі організми в умовах їх практичного використання. До них відносяться цезій-137, стронцій-90, вуглець-14, цирконій-95, плутоній-239, йод-131, натрій-22, радій- 226 і ін.

Вплив іонізуючого випромінювання на організм може бути різним, але майже завжди воно носить негативний характер. У малих дозах радіаційне випромінювання може стати каталізатором процесів, які призводять до раку або генетичних порушень, а в великих дозах часто приводить до повної або часткової загибелі організму внаслідок руйнування кліток тканин.

Біологічна дія іонізуючого випромінювання залежить від величини дози і часу впливу випромінювання, від виду радіації, розміри поверхні і індивідуальних особливостей організму. Велике значення мають також вік, фізіологічний стан, інтенсивність обмінних процесів організму, а також умови опромінення.

На відміну від природних техногенні джерела радіації можуть бути більш інтенсивними і небезпечними в зв'язку з наявністю широкого спектру випромінюваних елементів. Різноманітні техногенні впливи на навколишнє середовище характеризуються їх частотою повторення й інтенсивністю, а також індивідуальними характеристиками компонентів, які виділяються в навколишнє середовище.

Надходження радіоактивних речовин мають деяку постійну складову, яка відповідає нормальній експлуатації радіаційно-небезпечних джерел, і випадкову складову, залежну від ймовірностей аварій, тобто від рівня безпеки розглянутого об'єкта, внаслідок чого забезпечення радіаційної безпеки при поводженні з джерелами іонізуючого випромінювання є надзвичайно важливим пріоритетом. Забезпечення ядерної та радіаційної безпеки, розв'язання гострих проблем, пов'язаних з цим питанням, є актуальною проблемою для України.

Забезпечення радіаційної безпеки здійснюється із залученням в першу чергу механізмів правового регулювання, використання норм чинного законодавства.

Радіаційна безпека визначається як комплекс заходів, спрямованих на обмеження опромінення персоналу, окремих осіб з населення і всього населення до найбільш низьких рівнів радіаційних доз, які досягаються засобами, прийнятними для суспільства; на попередження виникнення ранніх

наслідків опромінення і обмеження проявів віддалених наслідків до прийняттого рівня.

Радіаційна безпека визначається також як система законодавчих засобів (в тому числі норм радіаційної безпеки), спрямована на обмеження можливого опромінення населення та персоналу в результаті використання джерел іонізуючого випромінювання.

При цьому основними принципами забезпечення радіаційної безпеки є: принцип нормування, принцип обґрунтування, принцип оптимізації.

Принцип нормування - це обмеження допустимих рівнів індивідуальних доз опромінення громадян від усіх джерел іонізуючих випромінювань.

Принцип обґрунтування - це заборона (обмеження) всіх видів діяльності по використанню джерел іонізуючого випромінювання здійснюватиме, при яких отримана для людини і суспільства користь не перевищує ризику ймовірного шкоди, заподіяної додатковим до природному радіаційному фону опроміненням.

Принцип оптимізації - це підтримка на допустимо низькому і можливе для досягнення рівні, з урахуванням економічних і соціальних факторів, індивідуальних доз опромінення і числа опромінених осіб при використанні будь-якого джерела іонізуючого випромінювання.

Радіаційна безпека покликана вирішити два основні завдання:

1) зниження рівня опромінення персоналу і населення до регламентованих меж, а також охорона навколишнього природного середовища на основі комплексу медико-санітарних, гігієнічних і правових заходів;

2) створення ефективної системи радіаційного контролю, яка дасть можливість оперативно реєструвати зміни різних параметрів радіаційної обстановки, на основі яких можна робити висновок про рівень опромінення персоналу і населення, радіоактивного забруднення об'єктів навколишнього середовища і на цій підставі вживати заходів щодо нормалізації радіаційної обстановки у разі перевищення допустимих рівнів.

Правове забезпечення радіаційної безпеки в Україні розвивається за двома напрямками. До них відносяться:

1). Правове регулювання здійснення операцій з джерелами радіаційної небезпеки шляхом встановлення вимог до радіаційно-небезпечних об'єктів (ядерні установки, інші джерела іонізуючого випромінювання і т.ін.).

2). Визначення правових заходів захисту населення від шкідливого впливу джерел іонізуючого випромінювання здійснюватиме шляхом встановлення нормативів безпеки.

Важливим регулюючим документом в чинному законодавстві є Правила і норми радіаційної безпеки містяться також в "Нормах радіаційної безпеки" (НРБУ-97), що встановлюють систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятних рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства в цілому.

НРБУ-97 встановлює два принципово різні підходи до забезпечення протирадіаційного захисту:

- при всіх видах практичної діяльності в умовах нормальної експлуатації індустриальних та медичних джерел іонізуючого випромінювання;

- при втручанні, пов'язаному з опроміненням населення в умовах аварійних ситуацій, а також при хронічному опроміненні за рахунок техногенно-підсилених джерел природного походження.

Нормами радіаційної безпеки також встановлюються категорії осіб, що опромінюються.

У сфері забезпечення радіаційної безпеки слід звернути увагу також на Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005).

Дія Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України поширюється на всі види виробничої діяльності, а також на всі ситуації втручання, в умовах яких відбувається чи може відбуватися опромінення людини на виробництві та / або в побуті будь-якими джерелами природного та / або штучного походження.

Розвиток ядерної галузі України повинен відбуватися за наступними напрямками:

- створення власного ядерно-паливного циклу;
- модернізація, реконструкція, підвищення безпеки діючих АЕС, поводження з ВЯП та РАВ;
- продовження терміну експлуатації АЕС;
- зняття з експлуатації енергоблоків АЕС;
- введення в експлуатацію нових атомних енергоблоків, та виведення з експлуатації блоків, які відпрацювали проектний та продовжений термін експлуатації;
- створення цирконієвого та уранового виробництва, забезпечення виробництва уранового концентрату до рівня повного забезпечення потреб АЕС;
- будівництво заводу з фабрикації ядерного палива.

Незважаючи на широке коло питань, які регулює чинне національне законодавство в сфері забезпечення ядерної та радіаційної безпеки, сьогодні в Україні багато проблем, пов'язаних з поводженням з джерелами іонізуючого випромінювання техногенного походження. Більшість цих питань лежить у практичній площині виконання положень і вимог нормативних документів, ефективності дії системи державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, створення сприятливих умов в державі для здійснення суспільних відносин і видів діяльності щодо поводження з джерелами іонізуючого випромінювання.

Аналіз причин, які призводять до порушень принципів радіаційного захисту аж до самої важкої форми - радіаційної аварії, вказує на те, що вони пов'язані з:

- недосконалістю системи державного регулювання безпеки джерел;
- недостатнім рівнем відповідальності щодо забезпечення безпеки користувачами джерел (ліцензіатами);
- нерозвиненістю мережі повноцінних і якісних послуг з безпеки джерел.

Недосконалість системи державного регулювання безпеки джерел обумовлено:

- недосконалістю нормативно-правової бази;
- неефективним взаємодією регулюючих органів, неузгодженістю їх дій;
- неповним впровадженням в наслідок недофінансування національних і галузевих програм із забезпечення безпеки джерел.

Наприклад, проблемними залишаються питання створення єдиної державної системи дозиметрії, системи навчання та перевірки знань з радіаційної безпеки, збанкрутілі підприємства і значна кількість медичних, наукових та навчальних закладів не мають ресурсів і кошти на сплату послуг з перевезення і розміщення на зберігання своїх відпрацьованих джерел, зберігаючи їх у себе, незважаючи на процеси деградації захисних оболонок джерел, що підвищує потенційну загрозу опромінення.

Рішення існуючих проблем має вирішуватися в рамках виваженої державної політики безпеки джерел іонізуючого випромінювання. Метою такої політики є досягнення повної впевненості в тому, що всі джерела випромінювання в будь-який відрізок часу знаходяться у компетентних користувачів, мають відповідний рівень фізичного захисту, застосовуються виключно за призначенням і після завершення експлуатації будуть передані на зберігання / захоронення спеціалізованим підприємствам або повернуті виробникові.

Головними показниками результативності такої політики можуть бути:

- відсутність випадків переопромінення людей і забруднення навколишнього природного середовища внаслідок аварій з джерелами випромінювання;
- зменшення кількості джерел випромінювання у незаконному обігу;
- ліквідація "покинутих" і безконтрольних джерел і умови зменшення їх появи в майбутньому.

Для досягнення цілей політики слід здійснювати і ряд системних заходів з тим, щоб забезпечити:

- відповідність регулюючої системи сучасному стану суспільних відносин у сфері виробництва та використання джерел випромінювання і ступеня їхньої потенційної небезпеки;

- відповідальність ліцензіатів (користувачів) за безпеку джерел і покладання на них фінансових зобов'язань у створенні інфраструктури для поводження з відпрацьованими джерелами, переведеними до категорії РАВ;

- створення розвиненої системи послуг з радіаційної безпеки, як основи для збереження і підтримки кадрового і технічного потенціалу країни в сфері високих технологій.

Найбільш доцільним видається варіант щодо поліпшення і еволюційному розвитку існуючої системи державного регулювання безпеки джерел іонізуючого випромінювання шляхом чіткого розподілу повноважень, відповідальності і функціональних обов'язків регуляторів.

Основними напрямками розвитку і реформування законодавчої бази повинні бути:

- приведення її у відповідність з міжнародними підходами, гармонізація з вимогами ЄС та максимальне врахування успішної практики регулювання;

- розвиток положень законодавства відповідно до принципів пріоритетності забезпечення ядерної та радіаційної безпеки над іншими інтересами, забезпечення незалежності та об'єктивності органів державної регулювання ядерної та радіаційної безпеки при оцінці безпеки;

- впровадження принципів державної регуляторної політики: доцільності, адекватності, ефективності, збалансованості, передбачуваності та прозорості;

- забезпечення кодифікації законодавства, пріоритетності та системності в розробці норм і правил;

- диференціація вимог безпеки в залежності від потенційної небезпеки, яку має певний вид діяльності за конкретними установкам (джерелами);

- заміна тих діючих норм і правил, які були розроблені в Радянському Союзі в принципово іншій економічній та ідеологічній середовищі, на

національні норми і правила, які спираються на сучасні міжнародно-визнані принципи безпеки.

Необхідним є підвищення ефективності виконання функцій ліцензування та нагляду в сфері радіаційної безпеки.

Значної уваги потребує питання впровадження принципів відповідальності за ядерну шкоду, гарантій відшкодування шкоди, заподіяної в результаті ядерного інциденту, шляхом внесення змін до чинного законодавства.

Основним системним механізмом є забезпечення повноцінних та якісних послуг з безпеки джерел.

До них відносяться:

- послуги з радіаційного контролю, включаючи дозиметричний контроль персоналу і перевірку призначених доз пацієнтів;
- послуги з навчання персоналу установок з джерелами випромінювання;
- послуги кваліфікованого експерта з радіаційної безпеки;
- послуги з технічного обслуговування джерел для підтримки їх у стані, що дозволяє їх безпечну експлуатацію;
- послуги з безпечного зберігання джерел і (або) їх захоронення в кінці їх життєвого циклу;
- послуги щодо ліквідації аварійних ситуацій з джерелами випромінювання;
- послуги з компетентною охорони та супроводу в процесі транспортування окремих категорій джерел.

В цілому, попередніми критеріями досягнення цілей політики забезпечення безпеки джерел іонізуючого випромінювання можуть бути:

- кількість радіаційних аварій з радіаційним впливом на персонал і населення;
- кількість випадків втрати регулюючого контролю за джерелами іонізуючого випромінювання;

- результативність виявлення покинутих джерел і джерел, які знаходяться у незаконному обігу;

- зменшення на підприємствах кількості джерел випромінювання, подальша експлуатація яких не передбачається, шляхом передачі їх для зберігання (поховання) на спеціалізовані підприємства;

- ступінь впровадження єдиної державної системи обліку доз опромінення персоналу і населення;

- ступінь виконання Державної програми забезпечення безпечного зберігання відпрацьованих високоактивних джерел випромінювання;

- ступінь охоплення регулюючим контролем джерел;

- доступність і якість послуг з безпеки джерел випромінювання;

- отримання позитивної оцінки діяльності Держатомрегулювання з боку громадськості, національних і міжнародних організацій.

Пріоритетними остаються питання поводження з ВЯП АЕС та РАВ ядерної енергетики. Сьогодні в Україні потрібна підтримка впровадження і реалізації робіт, що виконуються із створення технологій та обладнання для кондиціонування РАВ із використанням методів:

- гарячого пресування та гарячого ізостатичного пресування порошкових компонентів РАВ;

- розробки сухого способу переробки ВЯП і РАВ за газофторидним методом;

- дослідження перспективних мінералоподібних захисних матеріалів для іммобілізації РАВ;

- вивчення міграції радіонуклідів у захисних бар'єрних матеріалах, запропонованих для системи геологічного захоронення ВЯП і РАВ;

- поліпшення фінансування заходів, передбачених «Програмою поводження з ВЯП АЕС України»;

- дослідження поведінки захисних бар'єрних матеріалів за умов корозійного середовища та опромінення.

Підсумовуючи, можна сказати, що джерела іонізуючого випромінювання мали і мають постійну присутність в умовах існування людини, сучасна господарська діяльність цивілізації здійснюється з широким використанням штучно створених самою людиною джерел радіації. І якщо природні джерела радіоактивності впливали на живі організми і довкілля нашого світу протягом мільйонів років еволюції, то техногенна складова радіаційного випромінювання є важливим сучасним фактором формування якості навколишнього середовища, впливу на безпеку життєдіяльності людини.

Інтеграція України до ЄС вимагає врахування закордонного досвіду забезпечення екологічної безпеки такої галузі господарювання як ядерна енергетика, аналізу нормотворчих процесів з метою подальшої поступової адаптації механізмів правового регулювання в цій сфері до загальноєвропейських.

Значного наголосу набувають питання впровадження принципів відповідальності за ядерну шкоду, гарантій відшкодування збитку, заподіяного в результаті ядерного інциденту, шляхом внесення змін до діючого законодавства. Набуває важливості питання про створення глобальної системи забезпечення відшкодування ядерного збитку, побудованої на всеохоплюючому, глобальному обов'язковому страхуванні цивільної відповідальності оператора ядерної установки (експлуатуючої організації) за ядерний збиток.

Таким чином, для України, яка має безліч проблем, пов'язаних з радіаційним фактором, регулювання забезпечення ядерної безпеки, що базується на нормах чинного законодавства, сучасних механізмах, світовий досвід її забезпечення, особливо при поводженні з штучними джерелами іонізуючого випромінювання, є найважливішим національним пріоритетом.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» від 06.06.2018 р. №497-р / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/497-2018> (дата звернення 12.11.2020)
2. Барбашев С.В. Источники ионизирующего излучения. Учебное пособие. / Барбашев С.В. / – М.: «Прексмо-Д», - 2002. – 232 с.
3. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2010 / Державний комітет ядерного регулювання України. – 2010. – 112 с.
4. Виноградов Ю. А. Ионизирующая радиация: обнаружение, контроль, защита / Ю. А. Виноградов. / - М.: СОЛОН-Р, - 2002. - 224 с.
5. Энергетика: история, настоящее и будущее. – Т.3. Развитие тепловой и ядерной энергетики. – К., 2008. – 263 с.
6. Качинський А.Б. Системний аналіз вивчення пріоритетів в екологічній безпеці України. – К., 2002 – 46 с.
7. И.Н. Бекман Радиоактивность окружающей среды. Курс лекций. / И.Н. Бекман / – М.: Издательство «Альта», - 2007. – 256 с.
8. Маргулова Т.Х. Атомная энергетика сегодня и завтра. – М.: Высшая школа, 1996. – 189 с.
9. Нижник Н. Р. Національна безпека України (методологічні аспекти, стан та тенденції розвитку). / Нижник Н. Р., Ситник Г. П., Білоус В. Т. / — К.: Преса України, 2000.— С.60
10. Махонко К.П., Силантьев А.Н. Контроль за радиоактивным загрязнением природной среды. / Махонко К.П., Силантьев А.Н. / – М.: «Веста», 1998 – 137с.
11. Барбашев С.В. Концепция и принципы организации и ведения экологического мониторинга районов расположения АЭС // Радиационная и экологическая безопасность предприятий

- ядерноготопливного цикла. – Вып. 2. – Одесса, 1997. – С. 80 - 88.
12. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 21.03.1991 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791> (дата звернення 04.11.2020).
 13. Закон України «Про приєднання України до Договору про нерозповсюдження ядерної зброї» від 16.11.1994 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/248/94> (дата звернення 06.11.2020).
 14. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 8.02.1995 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95> (дата звернення 28.10.2020).
 15. Экологическое право Украины: Курс лекций. / Под редакцией канд. юрид. наук, доцента Каракаша И.И. / – Одесса: Латстар, 2001. – 478 с.
 16. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98> (дата звернення 11.11.2020).
 17. Закон України «Про порядок прийняття рішень про розміщення, проектування, будівництво ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, які мають загальнодержавне значення» від 8.09.2005 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2861-15> (дата звернення 5.11.2020).
 18. Закон України «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» від 11.01.2000 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1370-14> (дата звернення 29.10.2020).
 19. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» від 19.10.2000 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2064-14> (дата звернення 28.10.2020).

20. Закон України «Про впорядкування питань, пов'язаних із забезпеченням ядерної безпеки» від 24.06.2004 р. /ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1868-15> (дата звернення 04.11.2020).
21. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995 р. /ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95> (дата звернення 01.11.2020).
22. Лисовский Л. А. Радиационная экология и радиационная безопасность. / Лисовский Л. А. / — Мозырь, Мозырский ГПИ, РИФ «Белый ветер», 1997. — 52 с.
23. Закон України «Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення» від 13.12.2001 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2893-14> (дата звернення 05.11.2020).
24. Закон України «Про статус та соціальний захист громадян, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» від 28.02.1991 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12> (дата звернення 30.10.2020)
25. Регламент радиационного контроля для энергоблоков с реакторами типа ВВЭР.Типовое содержание. ГНД95.1.01.03.057-2004.
26. Указ Президента України «Про Положення про Державну інспекцію ядерного регулювання України» від 6.04.2011 р. № 403/2011 / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/403/2011> (дата звернення 12.11.2020).
27. Рекомендації щодо підвищення безпеки джерел іонізуючого випромінювання в Україні. Зелена книга. Інформаційне видання. / Під заг. редакцією проф. Земського Б.П. / – К.: ТОВ «ЛІК», - 2008. – 74 с.
28. В.Г.Гнеденко, И.В.Горячев, Н.А.Петров, Е.Г.Сергеева. Модернизация систем физической защиты и обеспечение безопасности спецкомбинатов «Радон». Информационное издание. / В.Г.Гнеденко, И.В.Горячев, Н.А.Петров, Е.Г.Сергеева. / – М.: «Мирпресс», - 2007. – 74 с.

29. Кадес Алментариус. Облученные продукты питания / Пер. с англ. - М.: Издательство "Весь Мир", 2007.
30. Техніко-економічне обґрунтування інвестицій централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів ВВЕР АЕС України. Інформаційно-аналітичний огляд матеріалів / Мінпаливенерго, ДНІЦ СКАР, НАЕК «Енергоатом». – 2007.
31. Закон України «Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій» від 09.02.2012 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4384-17> (дата звернення 17.11.2020)
32. Бак З., Александер П. А. Основы радиационной биологии и проблемы пострadiационного восстановления, Радиационная медицина. / Бак З., Александер П. А. / - М., 1988.
33. Закон України «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами» від 17.08.2008 р. / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/516-17> (дата звернення 16.11.2020).
34. И.Н. Бекман Радоновый риск. Информационное издание. / И.Н. Бекман/ – М.: Издательство «Альта», - 2006. – 256 с.
35. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової екологічної програми приведення в безпечний стан уранових об'єктів виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод» від 30.09.2009 р. №1029 / ВР України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1029-2009> (дата звернення 17.11.2020).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 - Основні нормативні документи національного законодавства України з питань забезпечення ядерної безпеки

Назва нормативного документу	Дата прийняття	Номер
1	2	3
Конституція України	28.06.96	254к/96-ВР
Закон України «Про правовий режим територій, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи»	27.02.91	795-ХІІ
Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи»	28.02.91	796-ХІІ
Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища	26.06.91	1268-ХІІ
Закон України «Про охорону атмосферного повітря»	16.10.92	2708—ХІІ
Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення»	24.02.94	4005-ХІІ
Закон України «Про приєднання України до договору про нерозповсюдження ядерної зброї від 01.07.68»	16.11.94	248/94-ВР
Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку»	08.02.95	40/95-ВР
Закон України «Про екологічну експертизу»	09.02.95	46/95-ВР
Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами»	30.06.95	256/95-ВР
Закон України "Про внесення змін до Закону України "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи"	04.04.97	182/97-ВР
Закон України "Про формування Фонду для здійснення заходів щодо ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи та соціального захисту населення"	20.06.97	386/97-ВР
Закон України "Про видобування і переробку уранових руд"	19.11.97	645/97-ВР
Закон України "Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у зв'язку з приєднанням України до Віденської конвенції про цивільну відповідальність за ядерну шкоду"	03.12.97	684/97-ВР
Закон України "Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання"	14.01.98	15/98-ВР

Продовження табл. А.1

1	2	3
Закон України "Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії"	11.01.2000	1370-XIV
Закон України "Про правовий режим надзвичайного стану"	16.03.2000	1550-III
Закон України «Про ліцензування певних видів господарської діяльності»	1.06.2000	1775-III
Закон України "Про фізичний захист ядерного матеріалу, ядерних установок, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання"	19.10.2000	2064-III
Закон України "Про внесення змін до Закону України "про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання"	26.04.2001	2397-III
Закон України "Про внесення змін до деяких Законів України узв'язку із закриттям Чорнобильської АЕС"	26.04.2001	2398-III
Закон України «Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення»	13.12.2001	2893-III
Закон України «Про державний контроль за міжнародними передачами товарів військового призначення та подвійного використання»	20.02.2003	2312
Закон України «Про впорядкування питань, пов'язаних із забезпеченням ядерної безпеки»	24.06.2004	1868-IV
Закон України «Про порядок прийняття рішень про розміщення, проектування, будівництво ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, які мають загальнодержавне значення»	8.09.2005	2861-IV
Закон України «Про поводження з відпрацьованим ядерним паливом щодо розміщення, проектування та будівництва централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива реакторів типу ВВЕР вітчизняних атомних електростанцій»	9.02.2012	4384- IV
Постанова ВР України "Про невідкладні заходи, щодо захисту громадян України від наслідків Чорнобильської катастрофи"	01.08.90	95-12
Постанова ВР України "Про концепції проживання населення на території Української СРСР з підвищеними рівнями радіаційного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи"	27.02.91	791-XII
Постанова ВР України "Положення про Національну комісію по радіаційному захисту населення України(НКРЗУ)"	6.10.2009	801
Указ Президента "Про Комісію з питань ядерної політики та Ситуаційний центр при Президентові України"	10.12.94	758/94
Указ Президента "Про утворення центру з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології"	26.04.96	300/96
Указ Президента "Про Міністерство палива та енергетики України"	14.04.00	598/2000
Указ Президента "Питання Міністерства екології та природних ресурсів"	29.05.00	724/2000
Розпорядження Президента України "Про урядову комісію з питань комплексного розв'язання проблем Чорнобильської АЕС"	15.11.95	409/95- рп

Продовження табл. А.1

1	2	3
Указ президента України "Про положення про Державну інспекцію ядерного регулювання України"	06.04.2011	403/2011
Розпорядження президента України "Про заходи щодо підвищення рівня ядерної та радіаційної безпеки в Україні"	19.03.01	60/2001
Постанова КМУ "Питання Адміністрації зони відчужених земель радіаційно забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи"	24.12.91	374
Постанова КМУ "Про заходи безпечного перевезення радіоактивних речовин"	27.01.93	66
Постанова КМУ "Про вдосконалення регулювання безпеки транспортування радіоактивних речовин"	28.01.94	42
Розпорядження КМУ "Про забезпечення своєчасного впровадження та організації ефективної експлуатації системи радіаційного моніторингу та раннього оповіщення ГАММА"	16.06.95	353-р
Постанова КМУ "Про компетентні національні органи з питань виконання міжнародних конвенцій у галузі використання ядерної енергії"	30.08.95	704
Постанова КМУ "Про порядок надання гарантій щодо звільнення іноземних юридичних осіб від цивільної відповідальності за ядерну шкоду"	13.09.95	733
Постанова КМУ "Про затвердження переліку посад персоналу для експлуатації ядерних установок, на підготовку якого необхідна ліцензія Головної державної комісії по нагляду за ядерною безпекою Мінекобезпеки"	22.05.96	551
Постанова КМУ "Питання Чорнобильського центру з проблем ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології"	28.09.96	1177
Постанова КМУ "Про затвердження Положення про державну систему обліку та контролю ядерних матеріалів"	18.12.96	1525
Постанова КМУ "Про затвердження порядку проведення спеціальної перевірки для надання допуску фізичним особам до роботи на ядерних установках та з ядерними матеріалами"	25.12.97	1471
Постанова КМУ «Про порядок розроблення та затвердження норм, правил і стандартів з ядерної та радіаційної безпеки»	8.02.1997	163
Постанова КМУ «Про порядок проведення громадських слухань з питань використання ядерної енергії та радіаційної безпеки»	18.07.1998	1122
Постанова КМУ "Про Комплексну програму поводження з радіоактивними відходами"	08.04.99	559
Постанова КМУ "Про заходи із забезпечення сталої роботи атомних електростанцій"	24.05.99	881
Розпорядження КМУ "Про затвердження проекту Чорнобильська АЕС. Завод з переробки рідких радіоактивних відходів"	22.03.01	105-р
Постанова КМУ «Про Порядок створення єдиної державної системи контролю та обліку індивідуальних доз опромінення населення»	23.04.2001	379

Продовження табл. А.1

1	2	3
Розпорядження КМУ "Про затвердження проекту Чорнобильська АЕС. Проміжне сховище відпрацьованого ядерного палива (СВЯП-2)"	11.07.01	269-р
Постанова КМУ "Про забезпечення додаткових державних гарантій працівникам, які звільнені з роботи у зв'язку з достроковим зняттям з експлуатації Чорнобильської АЕС"	21.08.01	1090
Постанова КМУ "Про програму створення додаткових робочих місць для працівників Чорнобильської АЕС, які вивільнюються після закриття станції, та жителів міста Славутича"	26.10.01	1411
Постанова КМУ «Про затвердження порядку і правила проведення обов'язкового страхування цивільної відповідальності за ядерну шкоду»	23.06.2003	953
Постанова КМУ «Про затвердження порядку обчислення тарифів при обов'язковому страхуванні цивільної відповідальності за ядерну шкоду»	20.08.2003	1307
Розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про затвердження Концепції підвищення безпеки діючих енергоблоків атомних електростанцій»	13.12.2005	№515-р
Постанова КМУ «Про порядок видачі дозволу на здійснення міжнародних перевезень радіоактивних матеріалів»	3.10.2007	1196
Наказ Державного комітету з ядерної та радіаційної безпеки "Про затвердження загального положення державної системи обліку та контролю ядерних матеріалів"	10.09.93	161
Наказ Мінекобезпеки "Про затвердження положення про ліцензування персоналу АЕС України"	29.12.95	155
Наказ Мінекобезпеки України "Про затвердження порядку звільнення радіоактивних відходів і побічних радіоактивних матеріалів від регуляційного контролю"	17.11.97	183/331
Наказ Мінекобезпеки "Про затвердження Положення про реалізацію угоди між Україною та МАГАТЕ про застосування гарантій до всього ядерного матеріалу в усій мирній ядерній діяльності України"	19.11.97	189
Наказ Мінекобезпеки "Про затвердження порядку проведення державної інвентаризації радіоактивних відходів"	11.03.98	38
Наказ Держатомрегулювання «Інструкція про порядок надання висновків Державного комітету ядерного регулювання України під час міжнародних передач радіоактивних матеріалів»	26.08.2004	138
Наказ Держатомрегулювання «Загальні положення безпеки атомних станцій»	19.11.2007	162

Таблиця А.2 – Основні міжнародні нормативні документи з питань забезпечення ядерної безпеки

Назва нормативного документу	Дата прийняття	Дата ратифікації/ прийняття Україною
Конвенція про відповідальність перед третьою стороною в сфері ядерної енергетики	29.06.1960	29.06.1960
Конвенція про захист трудящих ся від іонізуючої радіації	22.06.1960	05.08.1967
Венська Конвенція про цивільну відповідальність за ядерну шкоду	21.05.1963	12.06.1996
Конвенція про цивільну відповідальність в сфері морських перевезень ядерних матеріалів	17.12.1971	
Конвенція про допомогу в разі ядерної аварії або радіаційної аварійної ситуації	26.09.1986	26.01.1987
Конвенція про оперативне оповіщення про ядерні аварії	26.09.1986	26.01.1987
Конвенція про фізичний захист ядерного матеріалу	03.03.1980	06.07.1993
Конвенція про ядерну безпеку	20.09.1994	17.12.1997
Об'єднана конвенція про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами	5.09.1997	20.04.2000