

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему: «Аналіз та дослідження сучасних заходів у сфері поводження з
радіоактивними відходами в Україні»

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу за
першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти,
групи ХТк 20-245
галузі знань (освітньо-професійної програми)
16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»,
(«Радіаційний та хімічний захист»)

Дар'я БЕЛІЧКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Максим КУСТОВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет(підрозділ) оперативно-рятувальних сил

Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології

Галузь знань 16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»

Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»

(назва)

Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»

(назва)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри спеціальної
хімії та хімічної технології

Євген СЛЕПУЖНИКОВ

«___» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Белічко Дар'ї Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Аналіз та дослідження сучасних заходів у сфері поводження з
радіоактивними відходами в Україні»

Керівник роботи: Чиркіна-Харламова Марина Анатоліївна, кандидат технічних наук,
доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗ України від «31» січня 2024 року № 20

2.Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «04» квітня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: відстань об'єкта місто (Чорнобиль) від ПЗРВ Підлісний R=18 км;
швидкість вітру $V_{в}=1$ м/с від ПЗРВ Підлісний, напрямок - на об'єкт; рівень радіації на об'єкті
на початку його зараження $P_{п}=9$ р/год;

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити): загальний огляд
радіаційно-ядерних об'єкт, огляд сховищ РАВ, розрахунок радіаційного зараження
внаслідок умовної аварії на ПЗРВ «Підлісний».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень/слайдів):
мультимедійні слайди у кількості 11 штук.

6. Консультанти за розділами кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
5	Мінська Н.В., доцент кафедри	31.01.2024	22.03.2024

7. Дата видачі завдання 31.01.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва заходів кваліфікаційної роботи	Строк виконання заходів роботи	Відмітка про виконання
1	Отримання завдання кваліфікаційної роботи	31.01.2024	
2	Підбір джерел інформації, обґрунтування тематики	08.02.2024	
3	Складання плану кваліфікаційної роботи	12.02.2024	
4	Загальний огляд радіаційно-ядерних об'єкт	21.02.2024	
5	Поводження з радіоактивними відходами	06.03.2024	
6	Огляд та характеристика сховищ РАВ	13.03.2024	
7	Визначення доз забруднення під час забруднення території	19.03.2024	
8	Розробка питань з охорони праці	22.03.2024	
9	Оформлення пояснювальної записки	31.03.2024	
10	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	04 .04.2024	
11	Подання кваліфікаційної роботи на передзахист	04.04.2024	
12	Подання кваліфікаційної роботи до захисту	08.04.2024	
13	Захист кваліфікаційної роботи	10.04.2024	

Завдання одержав

здобувач вищої освіти _____ Дар'я БЕЛІЧКО

(підпис)

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання надав

керівник роботи _____ Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА

(підпис)

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Звіт про КР : 58 с., 26 рис., 4 табл., 33 джерел.

Ключові слова: захоронення РАВ, переробка радіоактивних відходів, радіоактивні відходи, радіація, радіаційно-небезпечні відходи.

Об'єкт досліджень: сховища радіоактивних відходів в Україні.

Мета роботи: дослідити сучасні заходи для безпечного захоронення і зберігання радіоактивних відходів в світі; обґрунтувати та рекомендувати методи захоронення в Україні; проаналізувати ймовірну умовну аварію, яка може скластися на ПЗРВ «Підлісний».

Стислий зміст роботи та висновки: наведено характеристику радіаційних та ядерних об'єктів в Україні, проведено огляд діючих АЕС в Україні та виявлено проблемні питання у сфері поводження з радіоактивними відходами (РАВ), досліджено сучасні світові сховища та пункти захоронення РАВ в Україні, проведено огляд небезпечних факторів та чинників при роботі з РАВ та заходи безпеки при перевезенні РАВ.

Запропоновано новий можливий спосіб захоронення РАВ в Україні, розраховано зони радіаційного зараження в наслідок умовної аварії на ПЗРВ «Підлісний», розраховано дози опромінення за час перебування на забрудненій території, проведено оцінку ризику загрози здоров'ю населення від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами внаслідок умовної аварії.

Область використання: рекомендовані методи захоронення РАВ в Україні, а також проведені розрахунки при виникненні умовної ймовірної аварії можуть бути використані підприємствами, котрі задіяні в сфері поводження з радіоактивними відходами в Україні.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД РАДІАЦІЙНО-ЯДЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ	8
1.1 Характеристика радіаційно-ядерних об'єктів	8
1.2 «Ядерно-паливний цикл» в Україні	12
РОЗДІЛ 2. ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ	14
2.1. Законодавчі та нормативно-технічні документи, які регламентують поведження з РАВ	14
2.2. Види діяльності при поводженні з РАВ на діючих АЕС	16
2.3. Джерела утворення та переробка РРВ на АЕС	22
РОЗДІЛ 3. ОГЛЯД ТА ХАРАКТЕРИСТИКА СХОВИЩ РАВ	26
3.1. Характеристика світових сховищ РАВ та ядерних відходів	26
3.1.1. Використання підземних шах у Німеччині	26
3.1.2. Підземне довгострокове захоронення РАВ у Фінляндії	27
3.1.3. Проєкт СЛАВ захороненню РАВ у Швеції	28
3.2. Огляд сховищ радіоактивних відходів в Україні	28
3.3. Потенційні загрози на сховищах радіоактивних відходів	30
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНОГО ЗАРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК УМОВНОЇ АВАРІЇ НА ПЗРВ «ПІДЛІСНИЙ»	37
4.1. Розрахунок доз опромінення за час перебування на забрудненій території	37
4.2. Оцінка ризику загрози здоров'ю населення від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами	42
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	44
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ РПЗ-01			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Белічко Д.О.			Аналіз та дослідження сучасних заходів у сфері поводження з радіоактивними відходами в Україні	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Чиркіна-Харламова М.А.					5	58
Н. Контр.		Скородумова О.Б.			ХТК-20-245			
Затвердив		Слепужніков Є.Д.						

ВСТУП

Питання поводження з радіоактивними відходами (далі РАВ) є одним з найважливіших для України, враховуючи наявність в країні атомної енергетики та атомної промисловості. РАВ - це проблема, яка існує в усьому світі. Вони утворюються в результаті роботи атомних електростанцій, ядерних установок та інших джерел радіації. Проблема зі сховищами РАВ актуальна, тому що радіоактивні відходи є небезпечними для здоров'я людини та навколишнього середовища. Сховища РАВ повинні бути безпечними та надійними, щоб захистити навколишнє середовище та населення від радіації. Бойові дії в Україні створюють значну небезпеку для радіоактивних відходів, які зберігаються в країні. В Україні є кілька тимчасових сховищ РАВ, які не забезпечують належного захисту від радіації. Ці сховища розташовані в різних регіонах України, в тому числі в зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Бойові дії можуть призвести до пошкодження цих сховищ, що може призвести до розповсюдження радіоактивного забруднення в навколишнє середовище. Проблема безпечної ізоляції радіоактивних відходів є надзвичайно актуальною для України. З одного боку це пов'язано з планами подальшого використання ядерної енергії (отже і з подальшим накопиченням РАВ), а з іншого - з нагальними потребами захоронення значних обсягів РАВ Чорнобильського походження. В Українському законодавстві передбачено, що найбільш небезпечні РАВ: високоактивні, а також низько- і середньоактивні довгоіснуючі РАВ (або, відповідно до нової класифікації, - середньоактивні РАВ) мають бути захоронені в глибоких стабільних геологічних формаціях в геологічних сховищах (ГС).

Таким чином, подальші дослідження потребують актуальних підходів щодо забезпечення безпеки поводження з РАВ з урахуванням рекомендацій МАГАТЕ. Отже, аналіз та дослідження сучасних заходів у сфері поводження з радіоактивними відходами в Україні є актуальним напрямком

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД РАДІАЦІЙНО-ЯДЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Характеристика радіаційно-ядерних об'єктів в Україні

До радіаційно – небезпечних об'єктів (РНО) належать: атомні електростанції (АЕС), підприємства з виготовлення і перероблювання ядерного палива, підприємства поховання радіоактивних відходів, науково-дослідні організації, які працюють з ядерними реакторами; ядерні енергетичні установки на об'єктах транспорту та ін. На території України розташовано понад 8000 різних установ і організацій, діяльність яких призводить до утворення радіоактивних відходів (РАВ) [3].

Виробниками та місцями концентрації радіоактивних відходів є:

- 1) АЕС (накопичено 70 тис. м⁸ РАВ);
- 2) урано – добувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн. м³ РАВ);
- 3) медичні, наукові, промислові та інші підприємства і організації. Збирання, транспортування, перероблювання і тимчасове зберігання радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) від цих підприємств і організацій незалежно від їх відомчої підпорядкованості здійснює Українське державне об'єднання "Радон" (накопичено 5 тис. м³ РАВ);
- 4) зона відчуження Чорнобильської АЕС (понад 1,1 млрд м³ РАВ).

Ядерні установки (ядерний об'єкт) - об'єкти, включаючи пов'язані з ними будівлі та устаткування, на яких здійснюються виробництво, переробка, використання, обробка, зберігання чи захоронення ядерного матеріалу. До ядерних установок належать: об'єкти з виробництва ядерного палива, ядерні підкритичні установки, дослідницькі ядерні реактори (у тому числі критичні та підкритичні збірки); атомні електростанції; підприємства та установки зі збагачення та перероблення ядерного палива, а також сховища відпрацьованого ядерного палива.

За кількістю ядерних енергетичних реакторів наша країна посідає 9 місце у світі та 3 в Європі. Нині в Україні діє чотири атомні електростанції – Запорізька, Хмельницька, Рівненська та Південно-Українська, понад 8000

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

підприємств і організацій, які використовують у виробництві, науково-дослідній роботі та медичній практиці різноманітні радіоактивні речовини, а також зберігають і переробляють радіоактивні відходи. На дієвих АЕС працює 15 ядерних енергетичних установок, з яких 12 працюють понад 30 років, із загальною встановленою потужністю 13835 МВт, одна з яких - Запорізька АЕС є найбільшою в Європі. У 2024 році в Україні діють три АЕС. Чорнобильська АЕС не входить до списку АЕС, що діють, оскільки вона має статус державного підприємства та виведена зі складу ДП «НАЕК «Енергоатом» [4]. Розташування діючих атомних електростанцій представлені на рисунку 1.1.

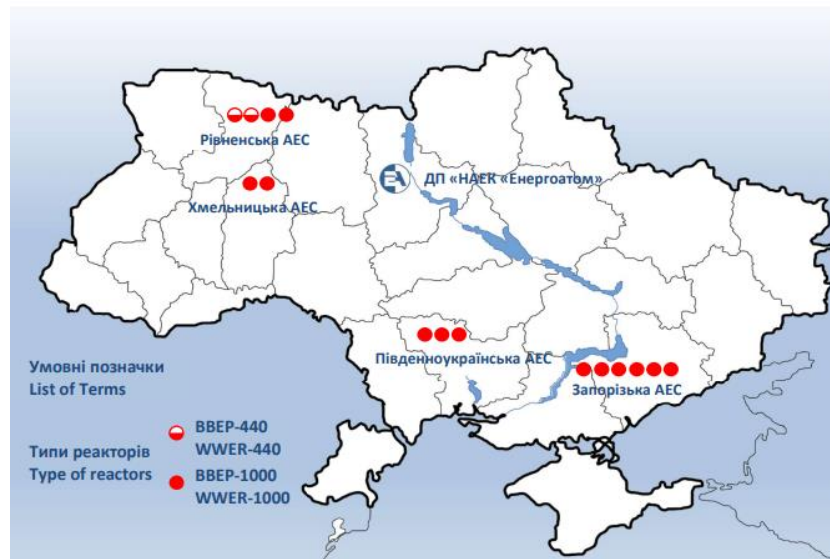


Рис 1.1 – Атомні електростанції в Україні

— Запорізька АЕС розташована в місті Енергодар, Запорізька область. Це найбільша в Європі й третя у світі за сукупною потужністю атомна електростанція. Вона складається з шести атомних енергоблоків по 1 ГВт кожен. На даний час становить найбільшу загрозу. Запорізька АЕС наведена на рисунку 1.2.



Рис 1.2 – Запорізька АЕС

— Південноукраїнська АЕС розташована в місті Південно-українськ, Миколаївська область. Атомна електростанція, розташована в степовій зоні на лівому березі річки Південний Буг , при Ташлицькому водосховищі, неподалік (на схід) від міста Південно-українська, що в Миколаївській області, розташована на рисунку 1.3.



Рис 1.3 – Південно-українська АЕС

— Рівненська АЕС розташована в місті Вараш, Рівненська область, наведена на рисунку 1.4. Перша в Україні атомна електростанція з енергетичним вододояним реактором типу ВВЕР-440 (В-213). Розташована біля міста Вараш у Рівненській області, є відокремленим підрозділом ДП «НАЕК «Енергоатом».



Рис 1.4 – Рівненська АЕС

— Хмельницька АЕС розташована в місті Нетішин, Хмельницька область. На електростанції працює 2 ядерних реактори ВВЕР-1000 (під'єднані у 1987 і 2004 роках) загальною потужністю 2000 МВт, наведена на рисунку 1.5. Основне призначення станції — покриття дефіциту електричних потужностей в західному регіоні України. Станом на 28 липня 2023 року є відокремленим підрозділом ДП "Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»" (ДП НАЕК «Енергоатом»). Електростанція підключена до енергосистеми трьома ЛЕП напругою 750 кВ та трьома ЛЕП — 330 кВ. Дві ЛЕП-330 кВ будуються [5].



Рис 1.5 – Хмельницька АЕС

Крім того, в Україні є декілька інших ядерних об'єктів:

— Об'єкт «Чорнобиль-2» - це закритий науково-дослідний центр, розташований біля Чорнобильської АЕС, наведений на рисунку 1.6. Принцип роботи станції ґрунтувався на відображенні радіосигналів іоносферою. Вхідні сигнали уловлювалися за допомогою антени «Чорнобиль-2», а потім оброблялися на комп'ютері [6].

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						10



Рис 1.6 – Чорнобиль-2

— Об'єкт «Укриття»- це захисна оболонка, побудована навколо четвертого реактора Чорнобильської АЕС. Ізоляційна споруда над четвертим енергоблоком ЧАЕС, побудована до листопада 1986 року після вибуху 4-го реактора її основна мета - забезпечити захист від подальшого викиду радіації в атмосферу. Об'єкт "Укриття" включає в себе конструкцію під назвою "саркофаг", яка тимчасово утримує радіацію, а також Нову оболонку, яка є стійким захистом із залізобетону, що була введена в експлуатацію в листопаді 2016 року. Таким чином, цей об'єкт продовжує залишатися важливим елементом в управлінні наслідками аварії на Чорнобильській АЕС [7]. Переважна кількість радіоактивних речовин зосереджена на об'єкті «Укриття». Це близько 200 т опроміненого і свіжого ядерного палива, змішаного з іншими матеріалами в різноманітних формах. Загальна активність довгоіснуючих радіонуклідів становить близько $7004 \cdot 10^{15}$ Бк.

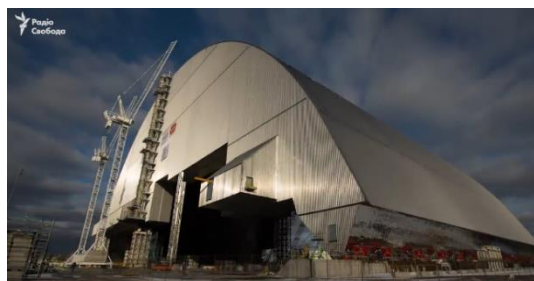


Рис 1.7 – Об'єкт Укриття

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2 «Ядерно-паливний цикл» в Україні

Ядерний паливний цикл – це дуже складний комплекс операцій на підприємствах ядерної енергетики, таких як видобування і переробка руди, збагачення урану, приготування ядерного палива, фабрикація паливних елементів і збірок, переробка, зберігання і захоронення вигорілого палива, захоронення радіоактивних відходів. Атомна електростанція (АЕС) – тільки невелика частина складного багатостадійного і надзвичайно розгалуженого палива – енергетичного комплексу (ПЕК) найрізноманітніших виробництв. На АЕС паливо поступає вже у вигляді конструкційних вузлів – тепловидільні збірки (ТВЗ), готових до монтажу в активній зоні реактора. Проте видобутий з руди уран, перед тим як потрапить в реактор, повинен послідовно пройти цілий ряд технологічних процесів на підприємствах, що входять до складу ПЕК. До них відносяться, наприклад, підприємства по видобутку урану, його переробку, транспортування і так далі. Ядерний паливний цикл – це вся послідовність виробничих процесів, що повторюються, починаючи від видобування палива і кінчаючи позбавленням від радіоактивних відходів. Залежно від виду ядерного палива і конкретних умов ядерні паливні цикли можуть розрізнятися в деталях, але їх загальна принципова схема зберігається. Початкова стадія паливного циклу – гірничодобувне виробництво, тобто уранова копальня, де добувається уранова руда. Середній вміст урану в земній корі досить великий і розцінюється як $2,5 \cdot 10^{-4}\%$ по масі. Урану приблизно в 1000 разів більше, ніж золото і в 30 разів більш ніж срібло. Уранові руди відрізняються винятковою різноманітністю складу. В більшості випадків уран в рудах представлений не одним, а декількома мінеральними утвореннями. Відомо близько 200 уранових і урановмісних мінералів [8].

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

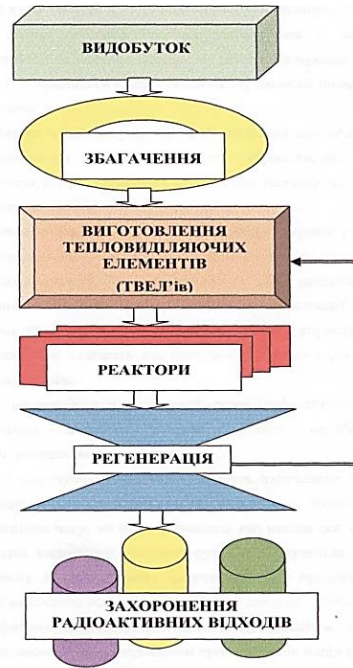


Рис 1.8 – Схема ядерно-паливного циклу

Добування уранової руди, також як і інших корисних копалини, здійснюється в основному або шахтним, або кар'єрним способом залежно від глибини залягання пластів. Останніми роками почали застосовуватися методи підземного вилуговування, що дозволяють виключити виїмку руди на поверхню і проводити витягання урану з руд прямо на місці їх залягання.

Переробка. Уранова руда, що добувається з землі, містить рудні мінерали і пусту породу. Подальше завдання полягає в тому, щоб руду переробити – відокремити корисні мінерали від пустої породи і отримати хімічні концентрати урану. Аффінаж. На всіх етапах переробки уранових руд відбувається певне очищення урану від супутніх йому домішок. Збагачення урану. Сучасна ядерна енергетика з реакторами на теплових нейтронах базуються на низько збагаченому (2 – 5%) урановому паливі. Виготовлення палива. Збагачений уран служить початковою сировиною для виготовлення палива ядерних реакторів.

Розділ 2. ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ

2.1 Законодавчі та нормативно-технічні документи, які регламентують поведження з РАВ

Система законодавчих та нормативно-технічних документів, яка регламентує аспекти поведження з РАВ в Україні, утворює наступну ієрархічну структуру. До Законів України та розпорядження Кабінету Міністрів України відносяться наступні нормативно-правові акти:

1. «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 № 39/95-ВР [9].

2. «Про поведження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995 № 255/95-ВР.[10]

3. «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 № 15/98ВР [11].

4. «Про охорону навколишнього природного середовища», від 25.06.1991 № 1264-ХІІ [12].

5. «Про ратифікацію Об'єднаної конвенції про безпеку поведження з відпрацьованим паливом та про безпеку поведження з радіоактивними відходами» від 20.04.2000 № 1688-ІІІ [13].

6. «Про дозвільну діяльність в сфері використання ядерної енергії» від 11.01.2000 № 1370-ХІV [14].

7. «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поведження з радіоактивними відходами» від 17.09.2008 року № 516-VI [15].

8. Стратегія поведження з радіоактивними відходами в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 19.08.2009 № 990-р [16].

До чинних норм, правил, стандартів та інших регулюючих документів, що стосуються безпеки поведження з радіоактивними відходами відносяться:

1. НРБУ-97 ДГН 6.6.1.-6.5.001-98 Норми радіаційної безпеки України. Державні гігієнічні нормативи [17].

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2. НРБУ-97/Д-2000 ДГН 6.6.1-6.5.061-2000 Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення. Державні гігієнічні нормативи.

3. ДСП 6.177-2005-09-02 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПРБУ-2005).

4. НП 306.2.141-2008 Загальні положення безпеки атомних станцій.

5. НП 306.5.04/2.059-2002 Порядок проведення державної інвентаризації радіоактивних відходів.

6. НП 306.5.04/2.060-2002 Умови і вимоги безпеки (ліцензійні умови) провадження діяльності у сфері поводження з радіоактивними відходами.

7. НП 306.6.095-2004 Вимоги та умови безпеки (ліцензійні умови) провадження діяльності з перевезення радіоактивних матеріалів.

8. НП 306.4.159-2010 Порядок звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності.

9. НП 306.4.213-2017 Загальні положення безпеки при поводженні з радіоактивними відходами до їх захоронення.

10. НП 306.4.219-2018 Загальні положення безпеки при захороненні радіоактивних відходів.

11. РД 306.4.098-2004 Рекомендації з установа критеріїв приймання кондиційованих радіоактивних відходів на захоронення в приповерхневих сховищах.

Також необхідно відмітити документи галузевого рівня та стандарти Державного підприємства «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом», яке є найбільшим виробником електроенергії в Україні, займаючи десяте місце в світі за кількістю ядерних енергоблоків та сьоме - за встановленою потужністю. До них відносяться:

1. Комплексна програма поводження з радіоактивними відходами у ДП «НАЕК «Енергоатом» ПМ-Д.0.18.174-21.

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

2. СОУ НАЕК 083:2015 Встановлення контрольних рівнів утворення та надходження до сховищ радіоактивних відходів на атомних електростанціях. Методичні вказівки.

3. СОУ ЯЕК 1.037:2013 Короткоіснуючі низько- та середньоактивні відходи АЕС. Вимоги до кінцевого продукту переробки.

4. СОУ НАЕК 019:2021 Поводження з радіоактивними відходами атомних електростанцій України. Види, форми та періодичність звітності.

2.2 Види діяльності при поводженні з РАВ на діючих АЕС

Поводження з радіоактивними відходами на АЕС охоплює всі види діяльності, пов'язані зі збиранням, перевезенням, переробкою, тимчасовим зберіганням та підготовкою радіоактивних відходів до передачі на спец підприємства для довгострокового зберігання/захоронення.

Радіоактивні відходи – матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені діючими нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається наведено на рисунку 2.1 [18].

Класифікація радіоактивних відходів встановлена Законом України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995 року № 255/95-ВР, Державними санітарними правилами ДСП 6.177-2005-09-02 «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» [19].



Рис 2.1 – Види діяльності при поводженні з РАВ на АЕС

Таблиця 2.1 – Класифікація радіоактивних відходів

Класифікація РАВ	
<i>По агрегатному стану:</i>	<i>По складу випромінювання:</i>
тверді	α - випромінювання
Рідкі	γ - випромінювання
Газоподібні	β - випромінювання
	Нейтронне випромінювання
<i>За часом існування:</i>	<i>За активністю:</i>
довгоіснуючі	Низькоактивні
короткоіснуючі	Середньоактивні
	Високоактивні

Рідкі та тверді радіоактивні відходи, які утворюються в процесі експлуатації АЕС, переробляються на наявних установках та зберігаються в спеціальних сховищах твердих (СТРВ) та рідких (СРВ) радіоактивних відходів. Рідкі радіоактивні відходи (КЗ, ВФМ та шлами) зберігаються у металевих ємностях з корозійностійкої сталі, обладнаних автоматизованою системою визначення рівня РРВ. Для виключення аварійного витікання РРВ у навколишнє середовище усі ємності розміщені у залізобетонних приміщеннях, облицьованих на висоту аварійного розливу ємностей листами із корозійностійкої сталі та обладнаних сигналізацією контролю протікань [20]. Так, в результаті діяльності підприємств ядерно-енергетичного комплексу накопичено значну кількість радіоактивних відходів різного рівня активності та агрегатного стану. У той же час в Україні не налагоджено сучасної інфраструктури по збиранню, транспортуванню, переробці, збереженню і похованню РАВ. Наявні елементи такої інфраструктури є фрагментарними і не забезпечують повною мірою надійне і безпечне поводження з РАВ, як це потрібно на сучасному рівні. При проектуванні і будівництві АЕС, а також у наступні періоди мало уваги приділялося технологіям переробки і збереження ВЯП і РАВ. У зв'язку з цим проблема поводження з ВЯП і РАВ набула вкрай гострого характеру. На всіх АЕС відзначається нестача сховищ, установок по переробці РАВ, в яких використовуються різні сучасні методи переробки,

контейнерів і іншого устаткування. Ті сховища, що є на АЕС, не повною мірою відповідають сучасним вимогам з забезпечення безпеки, або є майже заповненими. Прогнозні оцінки утворення РАВ на АЕС України досить тривожні (табл. 2.1)

Тверді РАВ збираються в місцях їх утворення, сортуються за категоріями (за потужністю дози гама-випромінювання) та транспортуються на тимчасове зберігання у СТРВ. СТРВ на майданчиках АЕС являють собою залізобетонні конструкції, що складаються з окремих комірок для розміщення ТРВ відповідно категорії активності. Кожна комірка має свою конфігурацію та закривається залізобетонними плитами.

Перед розміщенням ТРВ на тимчасове зберігання здійснюються:

- попередня обробка низькоактивних ТРВ
- підпресування (ЗАЕС та ПАЕС);
- переробка низькоактивних ТРВ на установках комплексів з переробки РАВ (ЗАЕС, РАЕС) [21].

З введенням у 2019 році в промислову експлуатацію КПРАВ у ВП ЗАЕС та ВП РАЕС розпочато переробку та кондиціонування низькоактивних ТРВ до стану, прийняттого до захоронення, що дозволяє вивільнити об'єми існуючих сховищ РАВ для забезпечення подальшої експлуатації енергоблоків з урахуванням термінів їх продовження. У ВП ХАЕС переробка ТРВ не здійснюється. Вона розпочнеться з введенням в експлуатацію КПРАВ, якій наразі створюється. На всіх АЕС діють регламенти «Контрольні рівні утворення та надходження до сховищ радіоактивних відходів». Протягом 2022 року перевищення КР утворення ТРВ та РРВ не зафіксовано. Контрольні рівні підлягають регулярному перегляду. Термін дії регламентів КР АЕС становить не більше 3-х років. У 2021 році відбувся плановий перегляд регламентів «Контрольні рівні утворення та надходження до сховищ радіоактивних відходів» у всіх ВП АЕС. Нові регламенти, розроблені в ході перегляду, введені в дію з 01.01.2022. В таблиці 2.2. наведена оснащеність діючих АЕС обладнанням для переробки РАВ.

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.2

Оснащеність діючих АЕС обладнанням для переробки РАВ

Назва установки	Основне призначення	Проектна потужність	Рік введення в експлуатацію
ВП ЗАЕС			
Випарні установки	Випарювання трапних вод	6 м ³ /годину	1984, 1989
Установка глибокого упарювання УГУ-500, УГУ-1-500	Глибоке упарювання кубового залишку	500 дм ³ /годину	1987- перша лінія, 2000- друга лінія
Установка сортування	Сортування ТРВ	0,25 м ³ /годину	2004, 2006- реконструкція
Установка пресування ВНР-500	Зменшення об'ємів НАВ	P=500 кН	1991
Установка спалювання РАВ (КПРАВ)	Контроль параметрів димових газів	Безперервно та періодично	2019
Установка суперпресування (КПРАВ)	Зменшення об'ємів ТРВ	P= 1500 т 4-6 брикетів/годину	2019
Установка фрагментації (КПРАВ)	Фрагментація ТРВ	200 т/рік (30 кг/годину)	2019
Установка паспортизації (КПРАВ)	Вимірювання активності та радіонуклідного складу упаковок ТРВ	20 контейнерів/ 3 зміни	2019
ВП РАЕС			
Випарні	Випарювання	6 м ³ /годину	1980, 1986

Продовження таблиці 2.2.

установки	трапних вод		
Установка глибокого упарювання УГУ- 500,	Глибоке упарювання кубового залишку	500 дм ³ /годину	2004- перша лінія, 2007- друга лінія
Установка бітумування	Бітумування рідких РАВ	150 дм ³ /годину	1995-введена в експлуатацію, 2002- законсервована
Установка центрифугування	Очищення трапних вод	1,5-7 м ³ /годину	2004
Установка вилучення ТРВ	Вилучення ТРВ	15 м ³ /тиждень	2018
Установка фрагментації та сортування	Фрагментація та сортування ТРВ	4,5 м ³ /зміну	2018
Установка суперпресування	Зменшення об'ємів ТРВ	P = 1500 т	2018
Установка цементування	Кондиціонування РАВ	8 конт/ зміну	2018
Установка вимірювання активності	Вимірювання активності та радіонуклідного складу упаковок ТРВ	12 конт./зміну	2018
Установка очистки оливи	Очищення радіоактивно забрудненої оливи	Не менше 0,58 м ³ /год	2018
Назва установки	Основне призначення	Проектна потужність	Рік введення в експлуатацію
ВП ХАЕС			
Випарні установки	Випарювання трапних вод	6 м ³ /годину	1987
Установка глибокого упарювання УГУ- 500,	Глибоке упарювання кубового залишку	500 дм ³ /годину	1990
Установка	Очищення	5 м ³ /годину	2011

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01

Лист

20

центрифугування	трапних вод		
Установка спалювання РРВ	Спалювання радіоактивного мастила	5 дм ³ /годину	1994
ВП ПАЕС			
Випарні установки	Випарювання трапних вод	6 м ³ /годину	1982 1989
Установка пресування С-26	Зменшення обсягів низькоактивних РАВ	P= 2000 кН	1997
Установка вимірювання активності	Вимірювання активності та радіонуклідного складу упаковок ТРВ	12 конт./зміну	2019

Розподіл об'ємів накопичення РРВ та ТРВ на АЕС представлено на нижче наведених діаграмах (рис. 2.3, рис. 2.4)

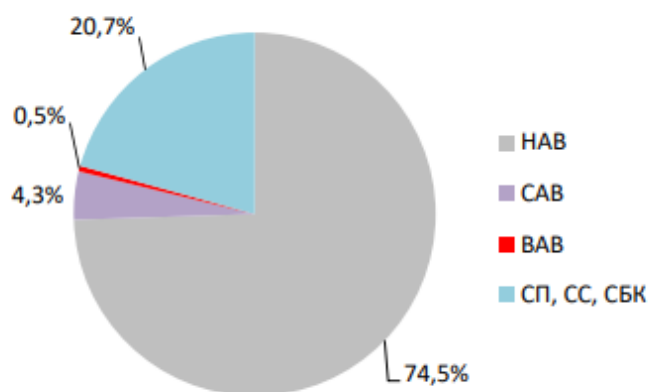


Рис 2.3 – Розподіл об'ємів накопичення РРВ та ТРВ на АЕС

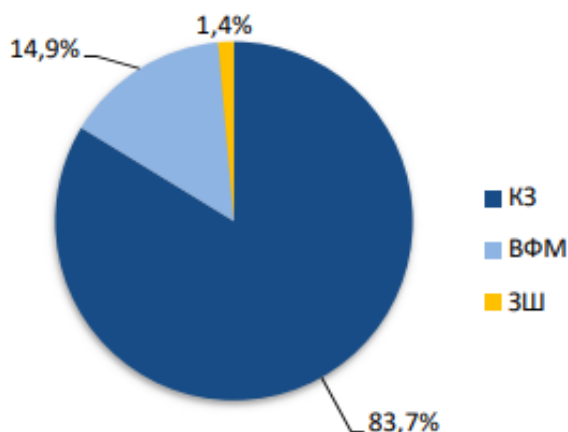


Рис. 2.4 – Розподіл об’ємів накопичених РРВ на АЕС

Заходи з удосконалення системи поводження з РАВ поділяються на організаційно-адміністративні та технічні заходи.

Основні організаційно-адміністративні заходи, що реалізуються:

- удосконалення планування робіт (нормування утворення РАВ) в зоні «суворого» режиму;
- підвищення кваліфікації персоналу АЕС з питань мінімізації утворення РАВ та поводження з РАВ;
- встановлення та перегляд контрольних рівнів утворення/надходження та норм утворення ТРВ та РРВ у ВП АЕС.

Основні технічні заходи, що реалізуються:

- будівництво та введення в експлуатацію комплексів з переробки РАВ на майданчиках ХАЕС та ПАЕС;
- будівництво сховища легкого типу для зберігання кондиціонованих РАВ у залізобетонних контейнерах на майданчику ЗАЕС;
- удосконалення експлуатаційних режимів установок з переробки РАВ;
- модернізація засобів збору, транспортування та зберігання РАВ;
- удосконалення системи обліку та контролю РАВ;
- реалізація заходів з мінімізації за результатами виконаного аналізу джерел та кількості утворення радіоактивних середовищ, РРВ, ТРВ;

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- дезактивація забруднених матеріалів та їх повторне використання;
- застосування сучасних технологій та засобів для дезактивації, зменшення кількості циклів дезактивації приміщень, устаткування та ЗІЗ;
- розділення потоків відходів на умовно «чисті» та радіоактивно-забруднені з метою запобігання їх змішуванню на ранньому етапі;
- продовження терміну експлуатації обладнання;
- забезпечення дотримання норм витрат рідини з метою скорочення утворення РРВ; – вирішення питання щодо подальшого поводження з СП;
- забезпечення контейнерами для поводження з РАВ на всіх етапах;
- впровадження оптимізованої схеми поводження з РРВ (КЗ, ВФМ, шлами) тощо.

Для вирішення питань оптимізації стратегії поводження з РАВ АЕС України за ініціатииви ДП «НАЕК «Енергоатом» створена міжвідомча робоча група (МРГ РАВ), до складу якої залучені представники ДП «НАЕК «Енергоатом», Держатомрегулювання, Міненерго України, АТ КІЕП, АТ ХІ «Енергопроект», МОЗ України, ДАЗВ, ДСП «ЦППРВ», ДСП «ЧАЕС». У зв'язку з введенням воєнного стану в звітному році засідання МРГ не проводились [22].

2.3 Джерела утворення та переробка РРВ на АЕС

Утворення рідких РАВ (РРВ) на АЕС пов'язане з особливостями технологічного процесу. Рідкі радіоактивні середовища збираються системою спецканалізації через трапи та приямки і направляються для очищення на установки СВО-3 та СВО-7. Очищення та переробка трапних вод проводяться з метою мінімізації об'ємів РРВ, що надходять на зберігання до сховищ АЕС, а також повторного використання очищених вод. Джерела утворення трапних вод на АЕС наведені на рис 2.5



Рис 2.5 – Джерела утворення трапних вод на АЕС

В результаті роботи установок СВО на АЕС утворюються такі види РРВ:

- кубовий залишок, як результат переробки трапних вод і вод спецпралень на установках спецводоочищення;
- відпрацьовані фільтруючі матеріали, що надходять з фільтрів установок спецводоочищення у разі вичерпання ресурсу іонообмінного матеріалу;
- шлами;
- відпрацьовані мастила та змішані рідини.

Кубовий залишок (КЗ), після випарних апаратів СВО-3,7, який зазвичай відноситься до САВ, з метою зменшення об'єму, випарюється на установках глибокого упарювання до сольового плаву (крім ПАЕС), що дозволяє ефективно зменшувати об'єми відходів. Наявність вільних об'ємів для зберігання кубового залишку залежить від безперебійної роботи УГУ та забезпечення необхідних обсягів постачання контейнерів для розфасування СП, який утворюється у процесі переробки КЗ. Відпрацьовані фільтруючі матеріали (ВФМ) та шлами збираються та зберігаються в ємностях СРВ під шаром води.

Фільтруючі матеріали наразі не переробляються. Показники з утворення ВФМ на АЕС мають інформаційний характер, оскільки періодичність та об'єми вивантаження фільтрів різні, що у значній мірі пов'язано з особливостями водно-хімічного режиму на кожній АЕС. Заміна іонообмінних смол регламентується «Графіком експлуатаційного контролю іонообмінних смол і матеріалів». Загальна схема поводження з трапними водами та РРВ наведена на рис 2.6 [23].

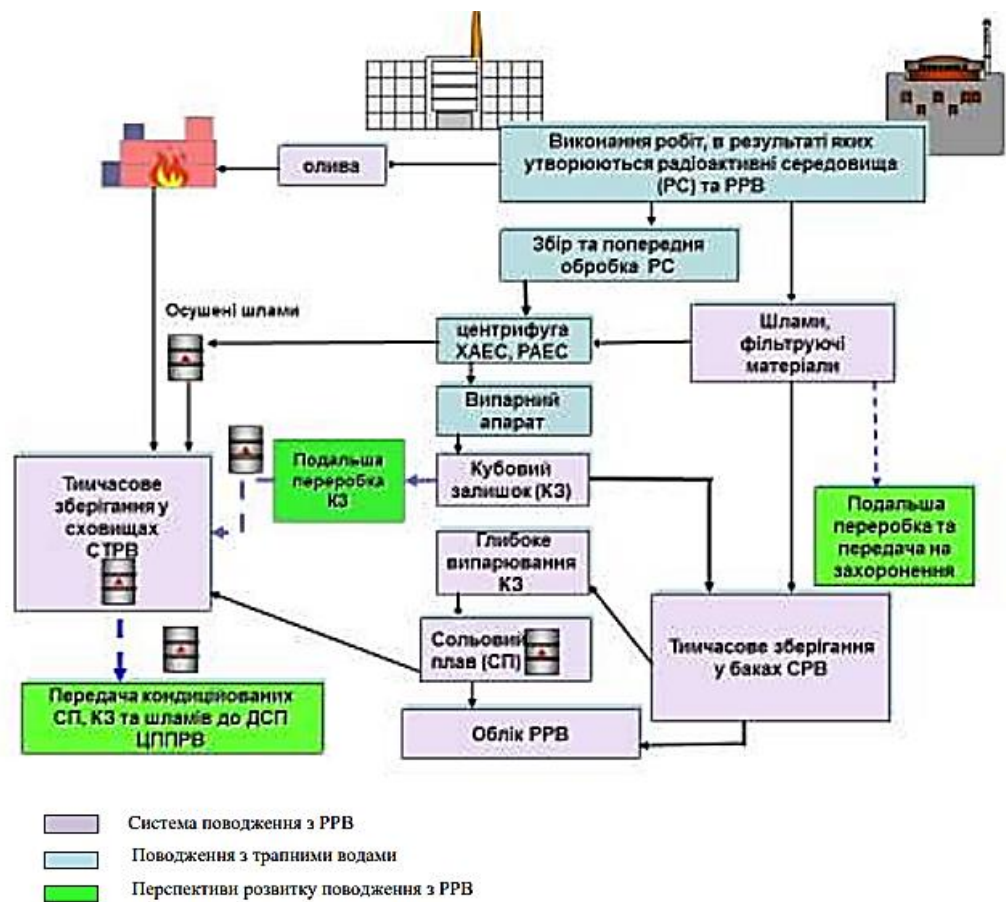


Рис. 2.6 – Загальна схема поводження з трапними водами та РРВ

На Рівненській та Хмельницькій АЕС експлуатуються установки центрифугування для очищення трапних вод від твердої фракції (шламу). Зневоднений шлам зберігається в контейнерах КТ-0,2 у СТРВ. Відпрацьоване радіоактивне мастило на ПАЕС та РАЕС не переробляється, а накопичується, на ЗАЕС та ХАЕС - спалюється.

Розділ 3. ОГЛЯД ТА ХАРАКТЕРИСТИКА СХОВИЩ РАВ

3.1. Характеристика світових сховищ РАВ та ядерних відході

3.1.1. Використання підземних шахт у Німеччині

Захоронення радіоактивних відходів (РАВ) у шахті Конрад в Німеччині - це проект, спрямований на захоронення високоактивних відходів з атомних електростанцій. Проект реалізується Федеральним агентством з атомної енергії Німеччини (BGE) і фінансується німецьким урядом. Шахта Конрад наведена на рисунку 3.1., розташована в Тюрингії, Німеччина. Вона є вичерпаною шахтою, яка раніше використовувалася для видобутку бурого вугілля. Шахта знаходиться на глибині 500 метрів і має обсяг 200 тисяч кубічних метрів. Проект передбачає захоронення РАВ у контейнерах, які будуть розташовані в шахті. Контейнери будуть виготовлені з міцних матеріалів, які будуть захищати РАВ від радіаційного забруднення навколишнього середовища. Проект був схвалений німецьким урядом у 2007 році. Перші контейнери з РАВ були поховані в шахті у 2023 році. Загальна кількість РАВ, які будуть захоронені в шахті Конрад, становить близько 20 тисяч тонн.



Рис 3.1– Шахта Конрад в Німеччині

3.1.2. Підземне довгострокове захоронення РАВ у Фінляндії

Сховище Онкало є одним із найсучасніших і найбезпечніших сховищ РАВ у світі. Сховище розташоване в безпечному місці, захищеному від проникнення води та інших природних небезпек. Сховище також має систему

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

моніторингу, яка дозволяє відстежувати стан РАВ і навколишнього середовища. Фінський могильник Онкало розташований у селі Онкало, Фінляндія. Сховище буде розташоване в порожнині в гранітній породі на глибині понад 500 метрів під дном Балтійського моря. Компанія Posiva, яка є оператором сховища, почала будівництво в 2004 році і завершила його в 2023 році. Загалом було прокладено 7 км тунелів, шахт і коридорів з видаленням майже 150 тис. м³ породи. Сховище Онкало є одним із найсучасніших і найбезпечніших сховищ РАВ у світі. Сховище розташоване в безпечному місці, захищеним від проникнення води та інших природних небезпек. Сховище також має систему моніторингу, яка дозволяє відстежувати стан РАВ і навколишнього середовища. Перші контейнери з РАВ були поховані в сховищі в 2023 році. Загальна кількість РАВ, які будуть захоронені в Онкало, становить близько 50 тисяч тонн. Проект передбачає, що захоронення всіх РАВ буде завершено до 2027 року. Сховище Онкало наведено на рисунку 3.2.



Рис. 3.2 – Сховище Онкало у Фінляндії

3.1.3. Проект СЛАВ по захороненню РАВ у Швеції

Проект СЛАВ - це проект з підземного захоронення радіоактивних відходів (РАВ) у Швеції. Проект реалізується компанією SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB), яка є державною компанією. Проект СЛАВ передбачає захоронення РАВ у порожнині в гранітній породі під містом Стокгольм. Порожнина знаходиться на глибині близько 500 метрів. Проект був схвалений урядом Швеції у 2011 році. Будівництво сховища почалося в 2022 році і має бути завершено до 2035 року. Загальна кількість РАВ, які будуть

						НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			27

захоронені в сховищі CLAB, становить близько 50 тисяч тонн. Проект передбачає, що захоронення всіх РАВ буде завершено до 2045 року. Проект CLAB наведений на рисунку 3.3., є одним із найсучасніших і найбезпечніших проектів захоронення РАВ у світі. Сховище буде розташоване в безпечному місці, захищеним від проникнення води та інших природних небезпек. Сховище також матиме систему моніторингу, яка дозволить відстежувати стан РАВ і навколишнього середовища.



Рис. 3.3 – Проект CLAB у Швеції

3.2 Огляд сховищ радіоактивних відходів в Україні

Дуже проблемним є питання поводження з радіоактивними відходами зони відчуження Чорнобильської АЕС та самої станції. Положеннями українського законодавства (Законі України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи»[12]) зону відчуження визначено як територію, з якої було евакуйоване населення і яку віднесено до радіаційно-небезпечних земель. 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.

						Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	

Основними радіонуклідами, які визначають забруднення зони відчуження, є цезій-137, стронцій-90 та альфа-випромінювальні трансуранові елементи, сумарні запаси яких у цій зоні становлять понад $720 \cdot 10^{15}$ Бк активності. Цезій-137 на цей час зумовлює понад 70 % (суми всіх радіонуклідів аварійного походження) зовнішнього опромінення персоналу в Зоні відчуження, а також населення, яке проживає на території, що зазнала радіоактивного забруднення[3].

Сховище для радіоактивних відходів "Відродження" (м. Покровськ., Дніпропетровська область) — це сховище для радіоактивних відходів низької і середньої активності, розташоване в місті Покровськ, Дніпропетровська область. Сховище було побудовано в 1988 році і є одним з двох сховищ для радіоактивних відходів низької і середньої активності в Україні.

Сховище для радіоактивних відходів "Кільцеве" (Київська область)— це сховище для радіоактивних відходів низької і середньої активності. Сховище було побудовано в 1987 році і є одним з двох сховищ для радіоактивних відходів низької і середньої активності в Україні. Сховище було побудовано для зберігання радіоактивних відходів, які утворюються в результаті експлуатації атомних електростанцій, медичних закладів та інших підприємств. На сьогоднішній день в сховищі зберігається близько 40 тисяч тонн радіоактивних відходів.

Сховище «Вектор» в промзоні Чорнобильської АЕС та зоні відчуження є тимчасовим сховищем, призначеним для зберігання середньоактивних і низькоактивних РАВ. Сховище розташоване у зоні відчуження і складається з кількох сховищ, розташованих в ангарах і на відкритих майданчиках.

У сховищі для РАВ на комплексі виробництв «Вектор» зберігаються такі види РАВ.

Середньоактивні РАВ - це РАВ, які мають активність від 10 до 1000 бекерель на грам. До середньоактивних РАВ відносяться відпрацьовані фільтри, відпрацьовані радіоактивні речовини, відходи від дезактивації та інші.

Низькоактивні РАВ - це РАВ, які мають активність від 1 до 10 бекерель на

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

грам. До низькоактивних РАВ відносяться відходи від експлуатації атомних електростанцій, відходи від медичних закладів, відходи від промисловості та ін.

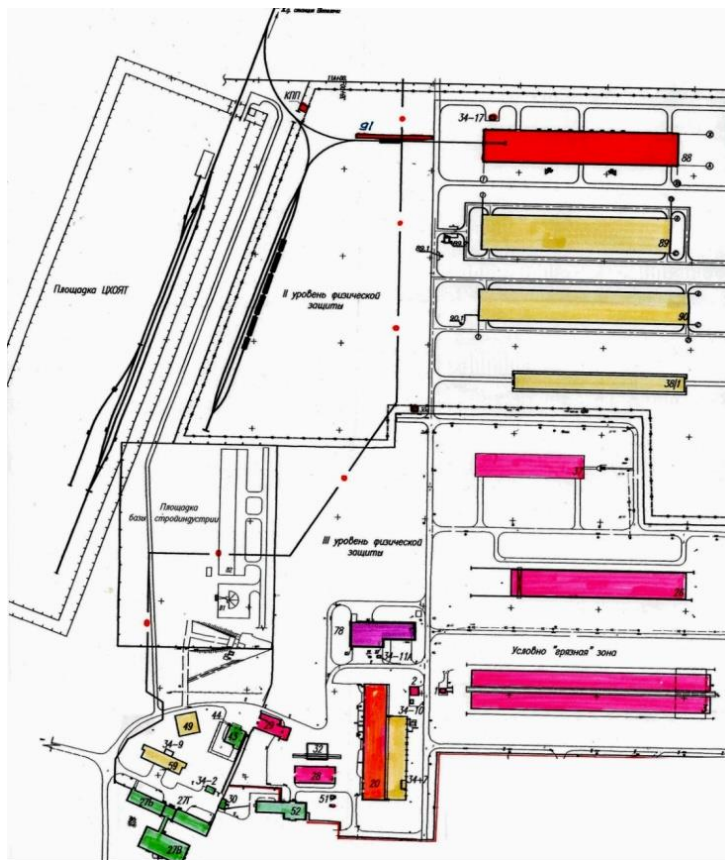


Рис.3.4 – Майданчик комплексу «Вектор»

Схема комплексу «Вектор»

- ▼ Сховище для зберігання осклованих високоактивних РАВ
- ▼ Сховище для довгострокового зберігання довго існуючих та високоактивних РАВ
- ▼ Централізоване сховище для довгострокового зберігання ДІВ(джерело іонізуючого випромінювання)
- ▼ Приповерхневі сховища для захоронення РАВ першої черги (ТРВ-1, ТРВ-2)
 - Пункт захоронення радіоактивних відходів (далі ПЗРВ) «Буряківка» призначений для захоронення твердих низько- і середньоактивних РАВ, які на протязі 30 років будуть перебувати під адміністративним контролем і 300 років

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

— під санітарним наглядом. Пункт захоронення експлуатують з 1987 року, і він складається з 30-ти приповерхневих сховищ (траншей) для захоронення РАВ. Основним інженерним бар'єром, який забезпечує локалізацію радіонуклідів, є спеціально споруджений глиняний екран товщиною 1 метр. Всього з початку експлуатації в сховищах (траншеях) ПЗРВ «Буряківка» розміщено близько 1330,5 тис. тонн (665,25 тис. м³) РАВ чорнобильського походження. Крім цього, на спеціально обладнаному майданчику на території ПЗРВ розміщена радіоактивно забруднена техніка, яка використовувалася при ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи.



Рис. 3.5 – ПЗРВ Буряківка

«ЦППРВ» за погодженням з Держатомрегулювання України почали демонтаж і фрагментацію цієї техніки. Кілька років тому за погодженням з регулюючим органом пункт «Буряківка» був розширений на 6 додаткових міжтраншейних сховищ на 120 тис. м.

У ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС» у перші роки ліквідації аварії на ЧАЕС розміщувались низько і середньоактивні аварійні РАВ. У подальшому РАВ мають бути вилучені та перезаховорені через деградацію створених у екстремальних після аварійних умовах захисних бар'єрів цього сховища. У 2010 р. було розроблено «Проект закриття сховищ ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС», спрямований на захист від деградації та підтримку необхідних локалізуючих

функцій інженерних бар'єрів, створення додаткових бар'єрів та вдосконалення системи моніторингу. Через брак коштів цей проект на сьогодні не реалізовано.

Пункт захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ) «3 черга ЧАЕС» - це тимчасове сховище для радіоактивних відходів (РАВ), розташоване на території Чорнобильської АЕС. Сховище було побудовано в 1986 році і призначене для зберігання відпрацьованого палива та інших РАВ, які були забруднені в результаті аварії на ЧАЕС. Сховище «3 черга ЧАЕС» складається з 40 траншей, кожна з яких має площу від 20 до 25 тисяч квадратних метрів. У траншеях зберігається близько 700 тисяч кубічних метрів РАВ. У 2019 році було розпочато будівництво нового сховища для РАВ на території ЧАЕС. Після завершення будівництва сховище «3 черга ЧАЕС» буде закрито.



Рис. 3.6 – Сховище «Підлісний»

— Сховище "Підлісний" - це тимчасове сховище для радіоактивних відходів (РАВ), розташоване в зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Сховище було побудовано в 1986 році після аварії на ЧАЕС для зберігання відпрацьованого палива та інших РАВ, які були забруднені в результаті аварії. Сховище складається з 20 траншей, кожна з яких має площу від 20 до 25 тисяч квадратних метрів. У траншеях зберігається близько 500 тисяч кубічних метрів РАВ. ПЗРВ «Підлісний» збудовано для РАВ з потужністю експозиційної дози до 50 Р/год, але в ньому розміщувались РАВ з ПЕД до 250 Р/год. До складу ПЗРВ входять сховища у вигляді модулів. Будівельні конструкції модулів-

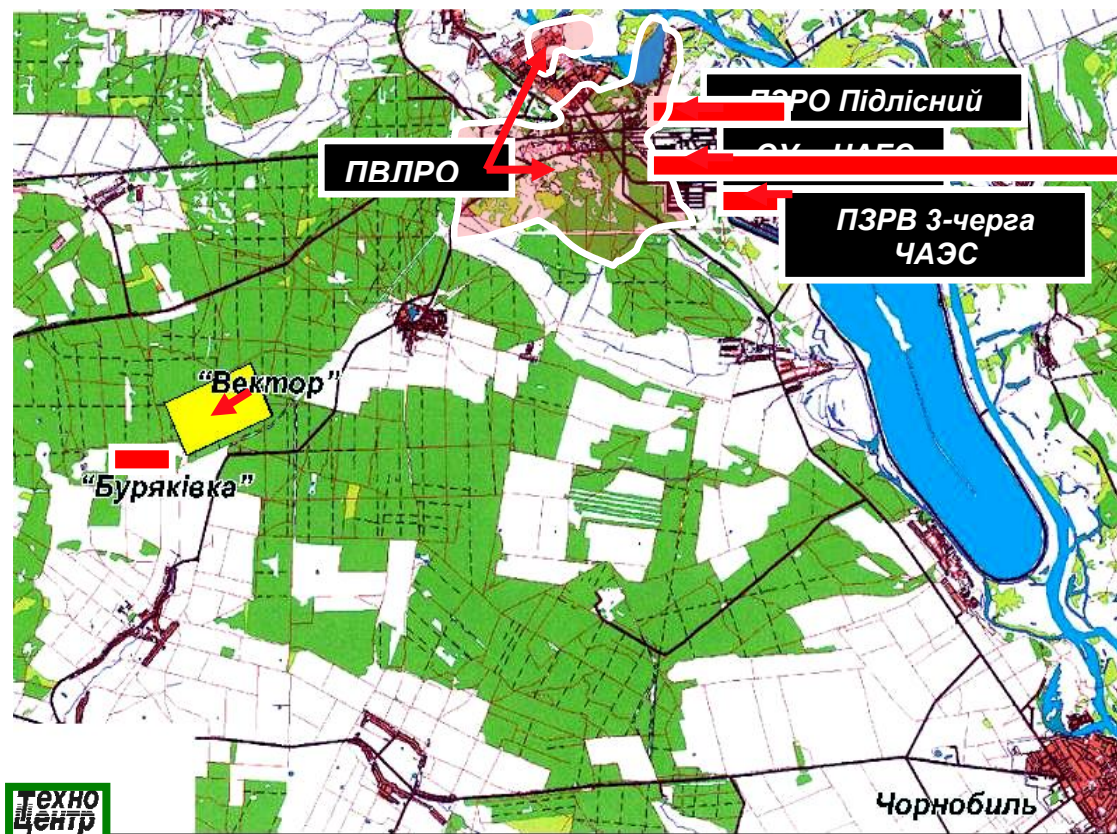


Рис 3.7 – Об’єкти РАВ на території відчуження

Відходи радіоактивного характеру, які утворюються в результаті ядерних технологій, є одним з основних джерел радіоактивного забруднення. Ці відходи можуть бути небезпечними для здоров'я людини і навколишнього середовища. Тому їх необхідно безпечно захоронити. На території відчуження проводяться роботи з безпечного поводження з відходами радіоактивного характеру. Аналіз наведених даних показує, що в Україні підлягають захороненню від 3,3 до 4,6 млн м³ РАВ (наведені в таблиці 2.3.). Із них від 2,9 до 4,2 млн м³ мають чорнобильське походження і знаходяться в зоні відчуження. Отже, їх частка становить близько 90 % за об'ємом і приблизно 10-15 % за активністю від загального об'єму й активності РАВ в Україні.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Накопичення РАВ

Джерело РАВ	Загальний об'єм РАВ, тис. м ³	Об'єм довго існуючих РАВ, тис. м ³	Частка довго існуючих РАВ, у загальному об'ємі, %
Оскловані РАВ	0,1	0,1	100
Експлуатаційні РАВ АЕС	230	3,3	1
Зняття з експлуатації АЕС	150	15	10
УкрДО «Радон»	5,3	-	-
Проммайданчик Чорнобильської АЕС	500	-	-
ПТЛВР і ПЗРВ	2000	12,5	0,6
Усього РАВ	3300-4600	75	2-3

3.3 Потенційні загрози на сховищах радіоактивних відходів та запропонування захоронення в Україні

Після аналізу сховищ РАВ в Україні, була виявлена така проблема, що основні ПЗРВ, та ПТЛРВ вже майже вичерпали свій строк експлуатації. Незважаючи на накопичення радіоактивних відходів в Україні, чіткий план їх зберігання та переробки не розроблено. До того ж, очікується значне збільшення обсягів цих відходів після переробки українського ядерного палива, яке було відправлене в росію до 2022 року. Відсутність подальших дій з усуненням проблеми з захороненням може призвести до страшних екологічних проблем. Одним із перспективних шляхів вирішення проблеми РАВ може стати використання технологій довгострокового підземного зберігання. Цей метод передбачає розміщення РАВ у спеціально обладнаних геологічних формаціях на глибині сотень метрів, що гарантує ізоляцію відходів від біосфери на тривалий період.

Розділ 4. РОЗРАХУНОК РАДІАЦІЙНОГО ЗАРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК УМОВНОЇ АВАРІЇ НА ПЗРВ «ПІДЛІСНИЙ»

4.1.Розрахунок доз опромінення за час перебування на забрудненій території.

У 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС (ЧАЕС) у тимчасових, не пристосованих для зберігання сховищах, знаходиться велика кількість радіоактивних відходів, серед яких є відходи ядерної енергетики. Головним джерелом небезпеки у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС залишаються сховища відпрацьованого ядерного палива (СВЯП), в яких зосереджені небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких становить близько 20МКюрі. При цьому забезпечення радіаційної безпеки потребує завчасного прогнозування наслідків можливих надзвичайних ситуацій радіаційного характеру. Тому оцінка радіаційної обстановки при позапроектних аваріях сховищ відпрацьованого ядерного палива ЧАЕС є актуальною. На АЕС не існує повного циклу первинної переробки відходів відповідно до вимог та стандартів з ядерної і радіаційної безпеки, що призводить до нераціонального використання сховищ та збільшує ризик радіаційних аварій. Існуюче нормативно-методичне забезпечення оцінки радіаційної обстановки при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах (РНО) не в повній мірі враховує особливості радіоактивного забруднення при можливому руйнуванні сховища РАВ.

Необхідно провести оцінку радіаційної обстановки, яка може виникнути внаслідок руйнування оболонок пеналів, в яких зберігається РАВ Чорнобильської зони відчуження, а також оцінити радіоактивне забруднення в зоні відчуження та в межах промислового майданчика станції при можливих позапроектних аваріях сховища ПЗРВ «Підлісний», що дасть змогу щодо визначення площі території забруднення радіоактивними речовинами в результаті позапроектної аварії ПЗРВ «Підлісний», а також дозові навантаження персоналу станції і населення, що проживає на

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

прилеглий території. Значення показників радіоактивного забруднення залежать від концентрації радіоактивних речовин в аерозольній хмарі. Точність оцінки значення концентрації буде залежати від моделі джерела

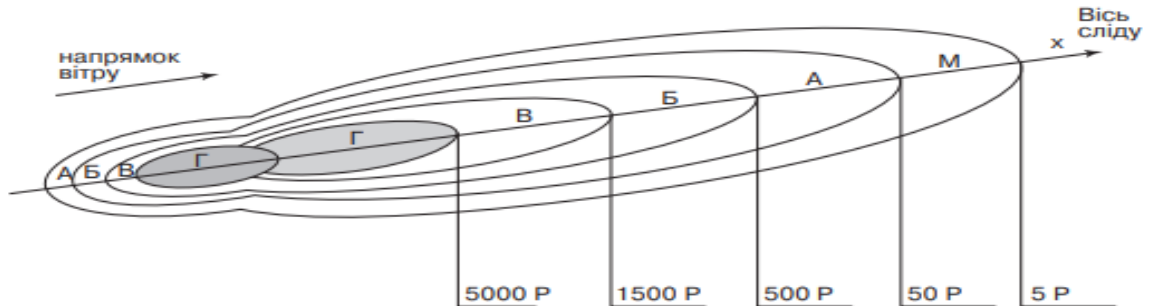


Рис.4.1 – Зони радіоактивного зараження при аварії на ПЗРВ із викидом радіоактивних речовин

Мета розрахунку: розрахувати зони радіаційного зараження в наслідок умовної аварії на ПЗРВ «Підлісний» до об'єкту місто Чорнобиль з населенням 1054 особи.

Вихідні дані для роботи:

Вихідні данні:

- Відстань об'єкта місто (Чорнобиль) від ПЗРВ Підлісний $R=18$ км
- Швидкість вітру $V_B=1$ м/с від ПЗРВ Підлісний, напрямком - на об'єкт;
- Рівень радіації на об'єкті на початку його зараження $P_n=9$ р/год;
- Доза радіації, що установлюється на одну робочу зміну $D_y=2$ р;
- Тривалість робочої зміни $t_p=8$ год;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання будівлею, де працюють люди $K_{осл.буд}=10$;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання транспортним засобом, на якому евакуюються люди $K_{осл.тр.}=2$;
- Коефіцієнт ослаблення радіаційного випромінювання захисною спорудою $K_{осл.зс.}=180$;
- Довжина маршруту евакуації по зараженій місцевості $L=13$ км

- Середня швидкість руху транспортного засобу $V_{\text{рух.тр}} = 40$ км/год
- Середня швидкість руху пішої колони $V_{\text{рух.п}} = 5$ км/год

1) Визначення зони РЗ, в яку потрапив об'єкт.

Визначається час початку зараження території об'єкту за формулою:

$$t_{\text{п}} = \frac{R}{V_{\text{в}}} = \frac{18000}{3600 \cdot 5} = 1 \text{ год}$$

Розраховується рівень радіації на 1 год після аварії за формулою:

$$P_1 = P_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}}^{0.4} = 9 \cdot 1^{0.4} = 9 \frac{\text{Р}}{\text{год}}$$

Висновок: згідно з рис 4.1. ПЗРВ «Підлісний» об'єкт потрапляє в зону зараження В(небезпечного зараження). Нижче в таблиці 4.1. наведені характеристики зон радіоактивного зараження

Таблиця 4.1.

Характеристики зон радіоактивного зараження при ядерному вибуху та аваріях на радіаційно небезпечних об'єктах із викидом радіоактивних

	Зона	Доза випромінювання				Рівень радіації				Колір кордону зони
		При вибуху		Аварія на РНО		При вибуху		Аварія на РНО		
		Зовн.	Внутр.	Зовн.	внутр	Зовн.	Внутр.	зовн	внутр	
М	Радіаційної небезпеки	–	–	5	50	–	–	0,014	0,14	Червоний
А	Помірного зараження	40	400	50	500	8	80	0,14	1,4	Синій
Б	Сильного зараження	400	1200	500	1500	80	240	1,4	4,2	Зелений
В	Небезпечного зараження	1200	4000	1500	5000	240	800	>4,2	14	Коричневий
Г	Надзвичайно небезпечного зараження	4000	>	5000	>	800	>	14	>	Чорний

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2) Визначення доз радіації, які можуть отримати люди.

1. Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди на своєму робочому місці за повну робочу зміну ($t_p=8$ год), якщо почнуть роботу з початку зараження об'єкту (це найгірший випадок з можливих) за формулою:

$$D_{\text{буд}} = \frac{P_1(t_K^{0,6} - t_{\text{п}}^{0,6})}{0,6 \cdot K_{\text{осл.буд}}} = \frac{9(8,55^{0,6} - 1^{0,6})}{0,6 \cdot 10} = 3,93 \text{ Р.}$$

2. Визначається доза радіації, яку можуть люди отримати під час перебування у захисній споруді, протягом 24 год за формулою:

$$D_{\text{зс}} = \frac{P_1(t_K^{0,6} - t_{\text{п}}^{0,6})}{0,6 \cdot K_{\text{осл.зус}}} = \frac{9(24,55^{0,6} - 0,55^{0,6})}{0,6 \cdot 180} = 0,510 \text{ Р.}$$

3) Визначається доза радіації, яку можуть отримати люди під час евакуації, якщо вони почнуть рух з моменту початку зараження об'єкту за формулою

а) під час маршу пішої колони

$$D_{\text{ев.п.}} = \frac{P_{\text{сер.тев}}}{K_{\text{осл}}} = \frac{P_{\text{п}} \cdot L}{2 \cdot K_{\text{осл}} \cdot V_{\text{рух.п}}} = \frac{9 \cdot 13}{2 \cdot 2 \cdot 5} = 5,85 \text{ Р.}$$

б) під час маршу авто колони

$$D_{\text{ев.тр}} = \frac{6 \cdot 9}{2 \cdot 2 \cdot 40} = 0,33 \text{ Р.}$$

3) Визначення допустимої тривалості роботи зміни у зоні РЗ при установленій дозі радіації.

1. Визначається допоміжний параметр за формулою:

$$a = \frac{P_1}{D_y \cdot K_{\text{осл.буд}}} = \frac{9}{2 \cdot 10} = 0,45 \frac{1}{\text{год}}$$

2. Визначається допустима тривалість робочої зміни у будинку за формулою:

$$T_{\text{доп}} = \left(t_{\text{п}}^{0,6} + \frac{0,6}{a} \right)^{\frac{1}{0,6}} - t_{\text{п}} = \left(0,55^{0,6} + \frac{0,6}{0,47} \right)^{\frac{1}{0,6}} - 0,55 = 2,56 \text{ год.}$$

4) Визначення часу початку роботи об'єкту повними робочими змінами ($t_{\text{п}}=8$ год).

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Користуючись графіком (Додаток 3), для $t_{p\text{ макс}}=8$ год і $a=0,45$ 1/год, знаходимо $t_{п}=90$ год

Підсумкова таблиця

R ₁ Р/год	Доза радіації, Р				T _{доп} , год	Початок роботи у звичайному режимі, год
	Д _{буд}	Д _{зс}	Д _{ев.п}	Д _{ев.тр}		
9	3,93	0,510	5,85	0,33	2,56	90

Висновки:

1. Об'єкт господарювання потрапив у зону небезпечного зараження (зона В)
2. Відповідно до Закону України «Про забезпечення захисту населення в умовах радіаційного зараження» від 27.02.1991 виробничий персонал об'єкту підлягає обов'язковій евакуації в безпечний район, оскільки рівень радіації на об'єкті набагато більше 150 мкР/год.
3. Об'єкти з безперервним циклом виробництва за рішенням Уряду можуть продовжувати роботу при умові, якщо тривалість роботи зміни не буде перевищувати $T_{доп}=1,4$ год .
4. Потрібно розраховувати режим роботи об'єкту скороченими змінами.
5. Об'єкт може почати працювати повними змінами ($t_p=8$ год) через 90 годин після аварії на ПЗРВ «Підлісний»
6. Для зменшення рівня випромінювання, на об'єкті потрібно провести дезактивацію територій, технологічного обладнання.

4.2. Оцінка ризику загрози здоров'ю населення від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами

На сьогодні територія України знаходиться у періоді після аварійної фази (аварії на Чорнобильській АЕС), коли найбільшу небезпеку становить потрапляння в організм людини таких радіонуклідів як цезій-137 та стронцій-90 з продуктами харчування та водою. Кількісна оцінка їх наявності зображена у таблиці. Цезій-137. Це лужний метал срібно-білого кольору, м'який, тягучий. У повітря миттєво загоряється. В природі цезій-137 входить до складу окремих мінералів. Добре накопичується ґрунтами (особливо чорноземами), бета- та

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

гамма випромінювач. Період напіврозпаду складає 30 років. Стронцій-90. Це сіро-білий метал, легкий, ковкий, пластичний. Входить до складу мінералів, бета випромінювач. Період напіврозпаду 29 років. Входить до складу біологічної тканини тварин і рослин. У рослинах переважно накопичується у кореневій системі. Його також багато у зерні, листових овочах. Оскільки стронцій-90 добре розчиняється, він легко вимивається із ґрунтів і потрапляє у водойми, де активно накопичується гідробіонтами. Цей радіонуклід «конкурує» з кальцієм, тому у людей і тварин вибірково накопичується у кістках, деяке накопичення відбувається у нирках, щитовидній залозі, у легенях, відкладається також на стінках судин, сприяє інтенсивному відкладенню солей. Найбільше стронцію накопичується у молодих кістках.

Мета: метою є чисельний підрахунок ризиків для здоров'я людини при викиді цезію-137 і стронцію-90, впливу на тривалість життя населення.

1. Ризик від зовнішнього опромінення можна вирахувати як добуток потужності дози зовнішнього опромінення на час (рік). Тобто формула розрахунку ефективної дози опромінення має вигляд:

$$H = P \cdot T$$

$$H = 0.018 \cdot 87600 = 1576,8$$

де P – потужність дози, мкЗв/год; T – час, год (у році приблизно 8760 годин).

2. Ризик, пов'язаний з внутрішнім опроміненням при надходженні радіонуклідів з повітрям та / або з їжею і водою, можна визначити на основі активності радіонуклідів, які потрапили в організм людини за певний час. Так, повна активність радіонукліда розраховується за формулою:

$$A = a \cdot M \cdot t$$

$$A = 70 \cdot 32 \cdot 10 = 22400(\text{для Cs})$$

$$A = 40 \cdot 32 \cdot 10 = 12800(\text{для Sr})$$

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

де a – питома активність радіонукліда у повітрі, воді або їжі, M – маса повітря, води та / або їжі надійшла в організм людини за рік, t – час (кількість років). Викликана цієї активністю ефективна доза внутрішнього опромінення H становитиме:

$$H = A \cdot E$$

$$H = 22400 \cdot 8,0 \cdot 10^{-8} = 1,792 \cdot 10^{-3} \text{ Зв(для Cs)}$$

$$H = 12800 \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} = 1,664 \cdot 10^{-4} \text{ (для Sr)}$$

де E – дозовий коефіцієнт даного радіонукліда, запропонований МАГАТЕ.

Після обчислення величини дози внутрішнього опромінення H можна розрахувати значення індивідуального радіаційного ризику r за формулою:

$$r = H \cdot r_E$$

$$r = 1,792 \cdot 10^{-3} \cdot 5,6 \cdot 10^{-2} = 1,00352 \cdot 10^{-4} \text{ (для персоналу Cs)}$$

$$r = 1,664 \cdot 10^{-4} \cdot 5,6 \cdot 10^{-2} = 9,3184 \cdot 10^{-6} \text{ (для персоналу Sr)}$$

$$r = 1,792 \cdot 10^{-3} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 1,30816 \cdot 10^{-4} \text{ (для населення Cs)}$$

$$r = 1,664 \cdot 10^{-4} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 1,21472 \cdot 10^{-5} \text{ (для населення Sr)}$$

де r_E – коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику.

Цей коефіцієнт характеризує скорочення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на $\beta = 15$ років на один стохастичний випадок смертельного захворювання. Прийнято такі значення: $r_E = 5,6 \cdot 10^{-2}$ люд-1 Зв-1 для виробничого опромінення (для персоналу), $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2}$ люд-1 Зв-1 для населення.

Індивідуальним ризиком можна знехтувати, якщо r не перевершує 10^{-6} люд-1 рік-1 . Верхня межа допустимого індивідуального радіаційного ризику дорівнює $5 \cdot 10^{-5}$ люд-1 рік-1 . Значення r , які перевищують цей рівень, слід вважати неприпустимими. Колективний радіаційний ризик дорівнює:

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						43
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

$$R = r_E \cdot K$$

Коллективна ефективна середньорічна доза буде дорівнювати:

$$K_1 = NH_1 \cdot 10^5 (\text{чол}) 7,3 \cdot 10^{-5} = 7,3 \text{чол} \cdot \text{Зв}$$

$$K_2 = NH_2 = 1 \cdot 10^5 (\text{чол}) 6,8 \cdot 10^{-5} = 6,8 \text{чол} \cdot \text{Зв}$$

Повна ефективна середньорічна доза:

$$K = K_1 + K_2 = 73 + 6,8 = 79,8 \text{чол} \cdot \text{Зв}$$

$$R = 7,3 \cdot 10^{-2} \cdot 79,8 = 5,8$$

тобто близько 6 випадків прояву стохастичних наслідків у вигляді зменшення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на 15 років. Втрата колективної тривалості життя:

$$\Delta = R\beta = 5,8 \cdot 15 = 87,4 \text{ років}$$

Висновок: Аналіз розрахунку показав, що радіаційні ризики в даному випадку є значними, але не критичними. Тому потрібне вживання контрзаходів, для зменшення дозових навантажень та відповідних ризиків. Для доцільного застосування заходів щодо захисту населення та навколишнього середовища в умовах безаварійної експлуатації підприємств атомної енергетики, так і в аварійних випадках, необхідне проведення ідентифікації, аналізу та оцінки екологічних ризиків.

4.3. РЕКОМЕНДАЦІЇ

Доцільним способом проведення евакуації є евакуація з використанням транспортних засобів, оскільки отримана доза радіації при цьому буде на порядок менше, ніж при евакуації пішим порядком.

До початку евакуації потрібно здійснювати такі заходи захисту : укрити людей у захисних спорудах, йодну профілактику, обмежити перебування на відкритій місцевості.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

Охорона праці (далі ОП) – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [28].

Закони та положення що регламентують охорону праці під час роботи з радіоактивними відходами:

- Закон України «Про охорону праці»
- Закон України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" (далі – Закон про ядерну безпеку) визначає правові, організаційні, соціально-економічні та науково-технічні основи використання ядерної енергії та радіаційної безпеки в Україні [28].
- Положення про забезпечення ядерної та радіаційної безпеки при захороненні радіоактивних відходів (далі - Положення про забезпечення безпеки при захороненні РАВ) визначає вимоги до забезпечення ядерної та радіаційної безпеки при захороненні радіоактивних відходів [29].
- Державні санітарні правила і норми " Гігієнічні вимоги до поводження з радіоактивними відходами" (далі - Державні санітарні правила і норми) встановлюють гігієнічні вимоги до поводження з радіоактивними відходами, які спрямовані на захист здоров'я людини та навколишнього середовища від шкідливого впливу радіації [29].
- Закон України "Про поводження з радіоактивними відходами" (Закон № 1381-VIII від 14 жовтня 2016 року). Цей закон визначає правові та організаційні основи поводження з радіоактивними відходами в Україні, а також встановлює вимоги до поводження з радіоактивними відходами, їх захоронення, перевезення, зберігання та ліквідації [30].
- Положення про порядок розробки, виготовлення, монтажу, експлуатації, ремонту, реконструкції і ліквідації сховищ радіоактивних відходів (Положення від 21 жовтня 2021 року № 898). Це положення визначає порядок розробки,

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Проводити навчання та підготовку працівників з питань охорони праці.
- Забезпечувати працівників необхідним захисним одягом, обладнанням та процедурами.
- Контролювати рівні радіації на робочому місці.
- Забезпечувати безпечні умови навколишнього середовища навколо сховища радіоактивних відходів.

У разі порушення вимог законодавства про охорону праці при захороненні радіоактивних відходів до роботодавців може бути застосовано адміністративну, кримінальну та дисциплінарну відповідальність.

5.2. Небезпечні фактори та чинники при роботі з радіоактивними відходами

Радіоактивні відходи – матеріальні об'єкти та субстанції, радіоактивне забруднення чи активність радіонуклідів яких перевищує межі, встановлені діючими нормами радіаційної безпеки, за умови, що використання цих об'єктів та субстанції не передбачається.

Радіоактивні відходи поділяються на такі класи:

- дуже низькоактивні;
- низькоактивні;
- середньоактивні;
- високоактивні.

Аналітика виробничого травматизму під час поводження з радіоактивними відходами за останні 10 років. (рис 5.1) [9].

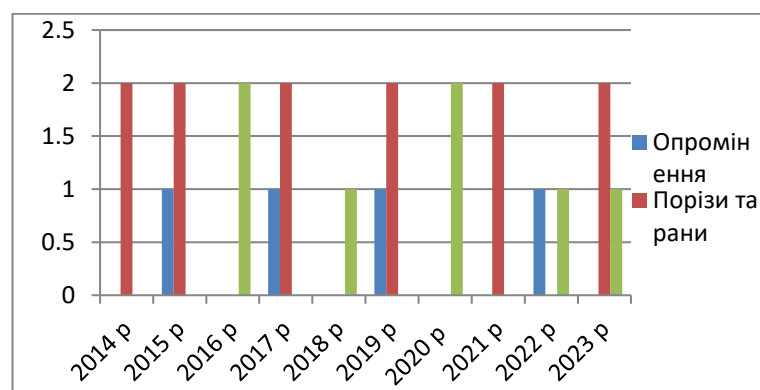


Рис.5.1 – Аналітика виробничого травматизму при поводженні з РАВ.

За останні 10 років в Україні зафіксовано 23 випадки виробничого травматизму під час поводження з РАВ, а саме: 12 порізи та рани внаслідок необережного поводження з гострою поверхнею ємностей для захоронення РАВ; 7 падіння з висоти; 4 випадки опромінення РАВ.

Основними причинами травматизму при поводженні з радіоактивними відходами є (рис.5.2)



Рис.5.2 – Причини травматизму.

За даними діаграмами ми спостерігаємо що більшість випадків виробничого травматизму пов'язано з недостатньою кваліфікацією та підготовкою працівників. За останні 10 років Україні не було зареєстровано жодного нещасного випадку з летальними наслідками. Для того щоб знизити виробничий травматизм до мінімуму необхідно вжити заходів та забезпечити працівників необхідними ЗІЗОД.

5.3 Заходи та засоби для зниження виробничого травматизму при поводженні з радіоактивними відходами

Було визначено, що найбільший відсоток травмованих в наслідок порізів та ран, та від опромінення, тому для того щоб знизити виробничий травматизм до мінімуму необхідно:

- забезпечити підрозділи необхідними засобами захисту органів дихання та шкіри
- проведення інструктажів перед проведенням робіт з РАВ

Під час роботи з радіоактивними відходами організм людини піддається опроміненню внаслідок дії іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання – потоки електромагнітних хвиль або частинок речовини, що здатні при взаємодії з речовиною утворювати в ній іони. До іонізуючого випромінювання відносять альфа-, бета-гамма промені, рентгенівське випромінювання, а також інші високоенергетичні заряджені частинки на кшталт протонів та іонів, отриманих у прискорювачах [32].

Внаслідок дії іонізуючого випромінювання людина ризикує отримати променеву хворобу, а отже необхідно:

- а) Вжити технічні заходи та засоби захисту від іонізуючого випромінювання:
 - застосування автоматизованого устаткування з дистанційним керуванням
 - встановлення захисних екранів
- б) Вжити санітарно-гігієнічні заходи:
 - забезпечення особового складу засобами захисту органів дихання та шкіри.

5.4. Засоби для захисту органів дихання та шкіри при поводженні з РАВ

Персонал, який бере участь у розвантажувальних роботах, повинен мати ЗІЗ (спец одяг, респіратор), а також прилади дозиметричного контролю. При проведенні вантажно-розвантажувальних робіт розробляється план дій на випадок різних аварійних ситуацій і створюється аварійна бригада, що має у своєму розпорядженні відповідні технічні засоби для ліквідації аварій.

Для захисту органів дихання від РАВ використовують протигази, респіраторні маски або захисні маски:

- Протигази забезпечують захист від широкого спектру РАВ, включаючи радіоактивний пил, газу і пари. Вони складаються з захисного футляра, фільтра-поглиначу і регенеративного патрона.
- Респіраторні маски забезпечують захист від радіоактивного пилу та аерозолів. Вони складаються з маски, фільтра і клапана.
- Захисні маски забезпечують захист від радіоактивного пилу та аерозолів. Вони складаються з маски і захисного екрана.

Засоби захисту шкіри. Для захисту шкіри від РАВ використовують комбінезони, рукавички, окуляри, фартухи та чоботи.

- Комбінезони повинні закривати все тіло, включаючи руки, ноги і голову. Вони повинні бути виготовлені з матеріалів, які не пропускають РАВ.
- Рукавички повинні бути виготовлені з матеріалів, які не пропускають РАВ.
- Окуляри повинні закривати очі та повіки. Вони повинні бути виготовлені з матеріалів, які не пропускають РАВ.
- Фартухи повинні закривати руки і тулуб. Вони повинні бути виготовлені з матеріалів, які не пропускають РАВ.
- Чоботи повинні закривати ноги. Вони повинні бути виготовлені з матеріалів, які не пропускають РАВ.

5.5. Заходи безпеки при перевезенні РАВ

Також основну загрозу при роботі з радіоактивними відходами є розвантажувальна робота та їх перевезення, що може призвести до радіаційної аварії. Під радіаційною аварією під час поводженні з РАВ слід розуміти подію, внаслідок якої втрачено контроль над радіоактивним матеріалом і яка призводить або може призвести до радіаційного впливу на людей та навколишнє природне середовище, що перевершує допустимі межі, встановлені нормами й стандартами з безпеки. Зона аварії - територія, що залежно від масштабів аварії вимагає планування й проведення певних заходів, пов'язаних із цією подією. Основними причинами аварій під час перевезення РАВ є несправності транспортних засобів, погана організація робіт і помилки персоналу. Майданчик на території сховищ РАВ, де провадитимуться вантажно-розвантажувальні роботи з РАВ, повинен мати:

- постійне спеціально обладнане місце; тверде й рівне покриття, наприклад асфальтове або асфальтобетонне, і дренажну систему;
- позначені місця розташування й відстою транспортних та інших допоміжних засобів, а також місця складування вантажу, якщо це необхідно;

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- позначені проїзди й проходи; вивішені знаки безпеки в місцях вантажно-розвантажувальних робіт;
- добру освітленість; засоби зв'язку (телефон, радіо);
- аптечку з набором медикаментів для надання першої медичної допомоги; засоби пожежогасіння.

Вимоги безпеки при перевезенні РАВ регламентуються міжнародними та національними нормативно-правовими актами.

– Міжнародні вимоги

Основним міжнародним документом, який регулює перевезення РАВ, є Додаток 7 до Міжнародної конвенції про перевезення небезпечних вантажів по морю (IMDG Code). Цей документ встановлює вимоги до упаковки, маркування, перевезення і розвантаження РАВ.

– Національні вимоги

В Україні перевезення РАВ регулюється Законом України «Про перевезення небезпечних вантажів» та Правилами перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом в Україні.

Загальні вимоги

Загальні вимоги безпеки при перевезенні РАВ включають в себе наступні:

- Упаковка РАВ повинна бути міцною і герметичною, щоб запобігти витoku радіоактивних речовин.
- РАВ повинні бути марковані відповідно до вимог міжнародних та національних нормативно-правових актів.
- Перевезення РАВ повинно здійснюватися спеціалізованими транспортними засобами, які відповідають вимогам безпеки.
- Персонал, який бере участь у перевезенні РАВ, повинен пройти навчання з питань радіаційної безпеки.

Специфічні вимоги

Специфічні вимоги безпеки при перевезенні РАВ залежать від виду РАВ, її активності та концентрації. Наприклад, для перевезення РАВ з високою активністю можуть бути потрібні додаткові заходи безпеки, такі як:

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Застосування додаткового захисту для персоналу, який бере участь у перевезенні.
- Супроводження вантажу спеціальним дозором.
- Обмеження маршруту перевезення.

Організація перевезення РАВ

Перевезення РАВ повинно здійснюватися відповідно до спеціального плану, який розробляється відправником вантажу. План перевезення повинен включати в себе наступні елементи:

- Маршрут перевезення.
- Вимоги до упаковки, маркування та перевезення РАВ.
- Організація супроводу вантажу.
- Процедури в разі аварії або надзвичайної ситуації.

План перевезення повинен бути узгоджений з відповідними органами державного контролю [32,33].

5.6 Висновки з розділу про охорону праці

Аналіз стану охорони праці при поводженні з радіоактивними відходами, показав, що найбільш розповсюдженими причинами травматизму та нещасних випадків при роботі з РАВ, є: радіоактивне випромінювання, порізи, недостатньо кваліфікований персонал.

Запропоновано засоби та заходи для зниження виробничого травматизму, які полягають у своєчасному проведенні інструктажів та використанні ЗІЗ такі як: протигази, респіраторні маски, костюми, рукавички, окуляри, фартухи.

ВИСНОВКИ

В літературному огляді було розглянуто радіаційно небезпечні та ядерні об'єкти та визначено, що в Україні накопичено 70 тис м РАВ з АЕС, 65,5 млн м3 РАВ, пов'язаних з урано-добувним підприємством, та накопичення понад 1,1 млрд РАВ у зоні відчуження ЧАЕС. Аналіз літературних джерел показав, що Україна посідає 9 місце у світі та 3 в Європі за кількістю ядерних енергетичних реакторів. Були проаналізовані діючі АЕС України, а саме: Запорізька АЕС, Південноукраїнська АЕС, Рівненська АЕС, Хмельницька АЕС, ядерні об'єкти України це – Об'єкт «Чорнобиль-2», об'єкт «Укриття», який являє собою саркофаг для утримання радіації, було розглянуто ядерно-паливний цикл та наведена його принципова схема.

Були оглянуті основні законодавчі та нормативно-технічні документи, які регламентують поводження з РАВ, були наведені класифікації радіоактивних відходів такі як: тверді, рідкі, газоподібні, та за часом існування: довго існуючі та коротко існуючі, також було виявлено основну проблему, що при проектуванні та будівництві АЕС приділялось мало уваги технологіям переробки ВЯП та РАВ, на всіх атомних електростанціях відзначається недостача сховищ і внаслідок чого більшість відходів перевозиться на зону відчуження. Було проаналізовано оснащеність АЕС України для часткової переробки РАВ та ВЯП. В кваліфікаційній роботі розглянуто джерела утворення рідких радіоактивних відходів, а також в результаті роботи яких установок вони утворюються, була наведена загальна схема поводження з трапними водами.

В кваліфікаційній роботі було розглянуто світові сховища РАВ, а саме: проект захоронення радіоактивних відходів в шахті «Конрад», яке передбачає захоронення РАВ в контейнерах обсяг яких буде становить близько 20 тисяч тонн; підземне довгострокове захоронення РАВ у Фінляндії, загальна кількість радіоактивних відходів в траншеях Онкало становить близько 50 тисяч тонн; проект СЛАВ у Швеції, який передбачає захоронення РАВ на глибині близько

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

500 метрів, і має бути завершено у 2035 році, а обсяг радіоактивних відходів буде складати близько 50 тисяч тонн. У ході роботи були проаналізовані та наведені сховища РАВ в Україні, а саме: комплекс «Вектор» де поховані осколовані, довго існуючі та високоактивні РАВ та джерела іонізуючого випромінювання, в роботі наведений пункт захоронення радіоактивних відходів «Буряківка» та «Підлісний», в якому захороненні середньо активні та високо активні відходи.

Внаслідок аналізу сховищ РАВ в Україні було виявлено проблемні питання, а саме: основні ПЗРВ та ПТЛРВ вичерпали свій строк експлуатації незважаючи на накопичення радіоактивних відходів, чіткого плану зберігання не розроблено, у зв'язку з цим основним шляхом вирішення проблеми РАВ може бути використання технологій довгострокового підземного зберігання, було проведено аналіз тектонічної мапи, і виявлено наявність на її території місць придатних для захоронення РАВ.

В ході проведення розрахункової частини було прораховано оцінку радіаційної обстановки при виникненні умовної аварії на ПЗРВ «Підлісний», розраховано дози опромінення за час перебування на забрудненій території, проведено оцінку ризику загрози здоров'ю населення від забруднення навколишнього середовища радіонуклідами внаслідок умовної аварії.

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Об'єднана конвенція про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами
2. Розпорядження від 19 серпня 2009 р. № 990-р «Про схвалення стратегії поводження з радіоактивними відходами України»
3. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2015 році [Електронний ресурс] / Держатомрегулювання України, вебсайт. – Київ, 2018. – Режим доступу: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk/doccatalog/list?currDir=37795>.
4. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2017 році [Електронний ресурс] / Держатомрегулювання України, вебсайт. – Київ, 2018. – Режим доступу: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk/doccatalog/list?currDir=37795>.
5. Тетяна Вербицька, Мутації небезпеки, або радіаційні загрози окупованих територій [Електронний ресурс] / Вербицька Т. – Режим доступу: https://dt.ua/energy_market/mutaciyi-nebezpeki-275772_.html/.
6. Щодо порушення положень Будапештського меморандуму [Електронний ресурс] / матеріали сайту з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї. – Київ, 2018. – Режим доступу: <https://uatom.org/index.php/ru/2015/09/24/o-narushenii-polozhenijbudapeshtskogo-memoranduma/>
7. Норми МАГАТЕ з безпеки «Класифікація радіоактивних відходів». Загальний посібник з безпеки. Відень : Міжнародне агентство з атомної енергії (ІАЕА), 2014. 75 с. 2. Про використання атомної енергії та радіаційну безпеку : Закон України від 08.02.1995 р. № 38/95-ВР. URL. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/39/95-%D0%B2%D1%80106>
8. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2021 р. № 1363-р. URL. <https://www.kmu.gov.ua/npas/proshvalennya-strategiyi-ekologichno-a1363r>

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

9. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>

10. Уранові руди України: Геологія, використання, поводження з відходами виробництва / Г. В. Лисиченко, Ю. П. Мельник, О. Ю. Лисенко, Т. В. Дудар, Н. В. Нікітіна. — К.: Наукова думка НАН України, 2010. — 221 с

11. Рекомендації щодо залучення населення до програм реабілітаційних заходів природного середовища в районах спадщини уранового виробництва. Адаптований та авторизований реферат робочих матеріалів МАГАТЕ і світового досвіду / За редакцією О.В. Войцеховича та І.І. Махоні. — Київ: «Інтерпрес ЛТД», 2014. — 52 с.

12. Закон України «Про відходи» [Електронний ресурс] -Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр> 3. Закон України «Про радіоактивні відходи» [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/255/95-вр>

13. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995 р. №255/95-ВР. [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-%D0%B2%D1%80>

14. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо вдосконалення законодавства у сфері поводження з радіоактивними відходами» від 17.10.2019 року №208 [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/208-20>

15. Закон України «Про ратифікацію Об'єднаної конвенції про безпеку поводження з ядерним паливом та безпеку поводження з радіоактивними відходами» від 20.04.2000 р. №1688. [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1688-14>

16. Закон України «Про порядок прийняття рішень про розміщення, проектування, будівництво ядерних установок і об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, які мають загальнодержавне

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

значення» від 08.09.2005 р. №2861. [Електронний ресурс]
URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2861-15>

В. М. Шестопапов, Ю. О. Шибєцький Геологічне захоронення радіоактивних відходів в Україні: історія, сучасний стан, перспективи. Ядерна та радіаційна безпека. 2017. № 2(74). с. 38 - 45.

17. Військова токсикологія, радіологія та медичний захист: Підручник / За ред. Ю. М. Скалецького, І. Р. Мисули. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2003. – С. 218-250. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: Друкарня держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. - С. 33-39, 87-95.]

18. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» від 06.06.2018 р. №497-р / ВЗ України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/497-2018> (дата звернення 26.04.2019)

19. Соботович Е.В. Сучасні проблеми екологічної стабілізації біосфери / Е.В. Соботович, В.В. Долін // Інститут геохімії гавколишнього середовища НАНУ. Збірник наукових праць. Вип. 22. – 2013. – С. 22-42.

20. Тритій у біосфері / Долін В.В., Пушкар'єв О.В., Шраменко І.Ф. та ін. – Київ : Наук. думка, 2012. – 224 с.

21. Полякова І.О. Безпечне зберігання радіоактивних відходів, що містять тритій / І.О. Полякова, О.В. Зубко // Вісник ЛДУ БЖД: збірник наукових праць. – Львів, 2016. – № 13. – С. 100-106.

22. Полякова І.О. Технічні засоби для безпечного поводження з радіоактивними відходами, що містять тритій / І.О. Полякова // Ядерна та радіаційна безпека. – Київ, 2016. - № 2(70). – С. 52-55.

23. Клименко М.О. Моніторинг довкілля / М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк. – К.: Академія., 2006. – 360 с

24. Закон України «Про охорону праці» від від 01.10.2023 р.

[Електронний ресурс]

URL: [Про охорону праці | від 14.10.1992 № 2694-ХІІ \(rada.gov.ua\)](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12) (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668)

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

25. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995 р. №255/95-ВР. [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/255/95-%D0%B2%D1%80> (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 27, ст.198)
26. Об'єднана конвенція про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами
27. Доповідь про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні у 2015 році [Електронний ресурс] / Держатомрегулювання України, вебсайт. – Київ, 2018. – Режим доступу: <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk/doccatalog/list?currDir=37795>.
28. Закон України «Про відходи» [Електронний ресурс] -Режим доступу: [Про відходи | від 05.03.1998 № 187/98-ВР \(rada.gov.ua\)](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80)
29. Закон України «Про радіоактивні відходи» [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/255/95-вр](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/255/95-%D0%B2%D1%80)
30. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» від 06.06.2018 р. №497-р / ВЗ України URL: (дата звернення 26.04.2019)
31. Закон України «Про впорядкування питань, пов'язаних із забезпеченням ядерної безпеки» від 24.06.2004 р. /ВР України URL: [Про впорядкування питань, по... | від 24.06.2004 № 1868-IV \(rada.gov.ua\)](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1868/IV-%D0%B2%D1%80) (дата звернення 11.04.2019).
32. Закон України «Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення» від 13.12.2001 р. / ВР України URL: [Про цивільну відповідальніс... | від 13.12.2001 № 2893-III \(rada.gov.ua\)](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2893/III-%D0%B2%D1%80) (дата звернення 05.05.2016).
33. Закон України «Про Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з радіоактивними відходами» від 17.08.2008 р. / ВР України

					НУЦЗУ.2.20-26.СХ та ХТ.РПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58