

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Острозька академія»  
Навчально-науковий інститут соціально-гуманітарного менеджменту  
Кафедра громадського здоров'я та фізичного виховання

Кваліфікаційна робота  
на здобуття освітнього ступеня бакалавра  
на тему: **«ВИКЛИКИ ТА ЗАГРОЗИ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ  
ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОЇ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ»**

Виконала студентка 4 курсу групи Гз-41  
спеціальності 229 Громадське здоров'я  
освітньо-професійної програми  
**«ГРОМАДСЬКЕ ЗДОРОВ'Я»**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
**Підволоцька Альона Анатоліївна**

Керівник – професор  
**Гущук Ігор Віталійович**

Рецензент – доктор медичних наук, доцент  
**Мокієнко Андрій Вікторович**

**«РОБОТА ДОПУЩЕНА ДО ЗАХИСТУ»**

**Завідувач кафедри громадського здоров'я  
та фізичного виховання**

**професор Гущук І.В.**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Протокол № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Острог, 2025**

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                                                                                          | <b>3</b>  |
| <b>РОЗДІЛ 1. ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....</b>                                                                                                               | <b>8</b>  |
| <b>(огляд літератури) .....</b>                                                                                                                                            | <b>8</b>  |
| 1.1 Розвиток ядерної енергетики у світі.....                                                                                                                               | 8         |
| 1.2 Нормативно-правові акти: на міжнародному, європейському та національному рівнях .....                                                                                  | 14        |
| 1.3 Випадки ядерного забруднення у світі, у тому числі на прикладі Хіросіми, Фукусіми, Киштимської аварії .....                                                            | 23        |
| 1.4 Досвід України під час реагування на аварію на Чорнобильській АЕС .....                                                                                                | 36        |
| Висновок до розділу 1.....                                                                                                                                                 | 39        |
| <b>РОЗДІЛ 2. ЗАГРОЗИ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОЇ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ .....</b>                                                                   | <b>41</b> |
| 2.1 Зовнішні та внутрішні загрози для об'єктів критичної радіологічної інфраструктури .....                                                                                | 41        |
| 2.2. Окупація російськими військами Чорнобильської АЕС в 2022 році та загрози впродовж останніх 3 років.....                                                               | 47        |
| 2.3. Ядерний тероризм на території Запорізької АЕС та інших підконтрольних Україні АЕС .....                                                                               | 52        |
| Висновок до розділу 2.....                                                                                                                                                 | 60        |
| <b>РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОТИДІЇ ЗАГРОЗАМ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОЇ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ (директиви, резолюції). .....</b> | <b>61</b> |
| 3.1 Пропозиції та рекомендації міжнародних інституцій щодо протидії загрози ядерного забруднення у світі та в Україні.....                                                 | 61        |
| 3.2 Пропозиції та рекомендації щодо протидії загрози ядерного забруднення на рівні регіонів .....                                                                          | 67        |
| Висновок до розділу 3.....                                                                                                                                                 | 79        |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                                                                                                      | <b>80</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>                                                                                                                                    | <b>81</b> |
| <b>ДОДАТКИ.....</b>                                                                                                                                                        | <b>91</b> |

## ВСТУП

Актуальність дослідження полягає в тому, що з початком воєнної російської агресії 24 лютого 2022 року, для України виникли суттєві загрози ядерного забруднення територій.

Під час війни радіаційна небезпека має два основні джерела виникнення: атака на об'єкти атомної енергетики країни й атака тактичною ядерною зброєю на будь-які об'єкти інфраструктури чи житлові будинки.

РФ постійно погрожує застосуванням ядерної зброї на території України, задля просування своїх інтересів, у тому числі у разі спроби повернення Криму Україні.

З перших днів війни російські солдати зайшли на територію Чорнобильської АЕС, в “Рудий ліс” де радіаційний фон значно перевищує нормативні показники, та де суворо заборонено переміщуватися.

А також в березні 2022 року стався безпрецедентний випадок у світі - захват Запорізької атомної станції, перебування на ній іноземних військових, військової техніки, викрадення та утримання в заручниках висококваліфікованого персоналу атомної станції.

Також поблизу інших атомних станцій, що перебувають під контролем України, спостерігається переміщення безпілотних літальних апаратів, ракет, та їх влучання в межах промислового майданчика даних об'єктів.

За даними Державного науково-технічного центру з ядерної та радіаційної безпеки, атомні електростанції, розташовані на території України, проєктувалися без врахування військової загрози, зокрема влучання бомби чи снаряду. Однак самі енергоблоки, яких в Україні є 15, мають кілька шарів захисту та можуть витримати падіння літака вагою до 10 тонн, якщо він падатиме під кутом 10-45 градусів та зі швидкістю 215 м/с.

**Мета** дослідження полягає у вивченні викликів та загроз ядерного забруднення територій України під час воєнної російської агресії. Огляді літературних джерел щодо історичних аспектів ядерного забруднення у світі,

вивченню нормативно-правової бази на різних рівнях, ризиках при експлуатації ядерних реакторів та можливості застосування ядерної зброї, визначені радіаційного фону в місті Миколаєві та населених пунктах Миколаївської області, аналізі вимірних показників та комунікації з громадськістю.

**Для досягнення мети потрібно виконати ряд завдань:**

1. Провести огляд літературних джерел щодо історичних аспектів ядерного забруднення у світі.
2. Опрацювати нормативно-правові акти: на міжнародному, європейському та національному рівнях.
3. Дослідити зовнішні та внутрішні загрози для об'єктів критичної радіологічної інфраструктури на прикладі окупації російськими військами Чорнобильської АЕС в 2022 році та загрози впродовж останніх 3 років.
4. Проаналізувати загрози ядерного тероризму при захопленні АЕС, на прикладі Запорізької АЕС та інших підконтрольних Україні АЕС.
5. Провести оцінку стану готовності системи охорони громадського здоров'я в Україні, до надзвичайних ситуацій радіаційного/ядерного характеру.
6. Підготувати пропозиції та рекомендації щодо протидії загрози ядерного забруднення території на національному, регіональному та місцевому рівнях.

**Об'єктом** дослідження є можливість ядерного забруднення територій України під час російської збройної агресії з 24 лютого 2022 року.

**Предмет** дослідження зосереджено на викликах та загрозах ядерного забруднення територій з початком повномасштабного вторгнення РФ, показники радіаційного фону, заходи протидії ядерному забрудненню.

**Методи дослідження.** У роботі використано порівняльний аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду реагування на ядерні забруднення та винесених уроків, створення заходів протидії їх виникнення через теоретичний аналіз нормативно-правової бази та практичні аспекти застосованих заходів. Окрім того, застосовувався лабораторно-інструментальний метод при проведенні вимірів радіаційного фону та санітарно-гігієнічний при оцінці отриманих показників.

**Наукова новизна** полягає у визначенні дій спрямованих на попередження виникнення загроз ядерного забруднення територій України та викликів, з якими щоденно стикається Україна. Проаналізовано заходи, направлені на підвищення спроможності до реагування на ядерні виклики, у тому числі за участю міжнародних партнерів.

**Теоретична та практична значимість** в умовах сьогодення надзвичайно висока. Оскільки щоденно існують загрози ядерного забруднення територій України, допоки триває повномаштабне вторгнення з боку рф. Залишається захопленою Запорізька АЕС, тривають військові дії та обстріли об'єктів критичної інфраструктури, зокрема атомних електростанцій та електропідстанцій.

Практичне значення: ця робота може бути використана для більш поглибленого вивчення радіаційного фону та впливу на населення радіаційного забруднення.

**Апробація** кваліфікаційної роботи проводилася впродовж трьох років та наведена нижче.

В Державній установі “Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров’я України”, в тому числі мною проводилися тренінги та імітаційні навчання з питань готовності та реагування на радіаційні/ядерні загрози під час воєнної російської агресії:

10 лютого 2023 року в ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» проведено тренінг на тему: «Ядерна зброя».

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid031GRCWEdHMkDJF7FcN5sAReTQsEYn1M6CENWyKADrBr6uEURRu8aPAahvFGQCDaWVl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid031GRCWEdHMkDJF7FcN5sAReTQsEYn1M6CENWyKADrBr6uEURRu8aPAahvFGQCDaWVl?locale=uk_UA)

27 лютого 2024 проведено навчально-практичний тренінг щодо використання засобів індивідуального захисту фахівцями груп оперативного реагування у разі загрози або виникнення надзвичайної ситуації радіаційного, хімічного характеру.

Під час тренінгу присутні ознайомлені з тематичною лекцією та удосконалили практичні навички одягання та зняття засобів індивідуального захисту.

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid036Zqw6kCriXczYQXFq95Dfpa5wcoEd5bFHrKAvwntPUgvpQkKx2MjMsYAPXD5qEADl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid036Zqw6kCriXczYQXFq95Dfpa5wcoEd5bFHrKAvwntPUgvpQkKx2MjMsYAPXD5qEADl?locale=uk_UA)

28 лютого 2024 проведено навчально-практичний тренінг щодо використання засобів індивідуального захисту фахівцями груп оперативного реагування відокремлених структурних підрозділів.

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid027zJH9kHmE9wFC4oHBtdsrV4y9Ty6S48D1jxsPnV1fmSFuUS9Q354tcEXvtooikCDl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid027zJH9kHmE9wFC4oHBtdsrV4y9Ty6S48D1jxsPnV1fmSFuUS9Q354tcEXvtooikCDl?locale=uk_UA)

25-29 березня 2024 року прийнято участь у навчальному курсі «Базовий курс з управління надзвичайними ситуаціями у галузі громадського здоров'я», що проводився у м.Івано-Франківську.

В ході тренінгу обговорили системи управління інцидентами в Україні та міжнародний досвід, планування при управлінні надзвичайними ситуаціями у сфері громадського здоров'я, інформування про ризики, а також здобули практичні навички у використанні геоінформаційних систем та наданні першої психологічної допомоги під час надзвичайних ситуацій у сфері громадського здоров'я.

Захід організований Центром громадського здоров'я МОЗ України за підтримки Центру контролю за захворюваннями США та Міжнародного навчально-освітнього центру охорони здоров'я (I-TECH).

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid0ry298s1nhEKyqDkMEWwXz4QgjDmTikxFmwXRYU9VdiQSW9Grq4uS5M23g1ya4c8Dl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid0ry298s1nhEKyqDkMEWwXz4QgjDmTikxFmwXRYU9VdiQSW9Grq4uS5M23g1ya4c8Dl?locale=uk_UA)

8 липня 2024 року фахівці ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» взяли участь у тренінгу "Управління групами оперативного реагування", що проходив у м.Одеса.

В ході тренінгу обговорили дії груп оперативного реагування у разі виникнення надзвичайної ситуації, або її загрози.

Захід організований Центром громадського здоров'я МОЗ України за підтримки Центру контролю за захворюваннями США та Міжнародного навчально-освітнього центру охорони здоров'я (I-TECH).

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02UrEkgLdxUQrtS8tEAbRAzib7HVm5mZmXJ1kV27ML1CKCJKBwCFaNNkKxdmuq1Vf4l?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02UrEkgLdxUQrtS8tEAbRAzib7HVm5mZmXJ1kV27ML1CKCJKBwCFaNNkKxdmuq1Vf4l?locale=uk_UA)

З 19 по 22 серпня 2024 року участь у Навчальному курсі для тренерів "Симуляційні вправи" (SimEx), що проходив у м.Львові.

Під час курсу було удосконалено навички в проведенні оцінки ризиків, плануванні, проєктуванні, фасилітуванні та проведенні симуляційних вправ щодо відпрацювання дій та міжсекторальної співпраці у разі загрози або виникненні надзвичайної ситуації.

Захід відбувся за участю Міністерства охорони здоров'я України, World Health Organization Ukraine та USAID Ukraine - USAID Україна [https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02s8jjpgHZtR8jDfdvtWf7Yjo2jERXjXNcQ4qPsSvMjY1bfQz1xHx8Ngoj3uJnM3wLl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02s8jjpgHZtR8jDfdvtWf7Yjo2jERXjXNcQ4qPsSvMjY1bfQz1xHx8Ngoj3uJnM3wLl?locale=uk_UA)

Окрім того, пройдено курси навчання: “Готовність, реагування та ліквідація наслідків надзвичайної ситуації внаслідок дії радіаційних та ядерних загроз”, “Організація оцінки ураження та медичної допомоги при радіаційних надзвичайних ситуаціях в Україні”, “Робота з громадськістю та комунікація у випадку ядерного вибуху. Стратегія і практика” (Додатки А, Б, В).

Приймала участь у Днях науки 2025 в НУ “Острозька академія”  
URL:<https://www.oa.edu.ua/ua/info/news/2025/16-05-02>

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (61 позиція), 10 додатків, 82 сторінок, 2 таблиць, 2 графіків та 9 рисунків.

## РОЗДІЛ 1. ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ (огляд літератури)

### 1.1 Розвиток ядерної енергетики у світі

Внаслідок термоядерних реакцій на сонці, а також в результаті вибуху наднових зірок з'являються космічні промені.

Магнітне поле та атмосфера Землі захищають її від небезпечної космічної радіації, проте, з давніх давен на планету потрапляли різні метеорити, що були радіаційно забруднені.

У 1789 році німецьким хіміком Мартіном Клапротом був відкритий уран, і названий на честь планети Уран.

Іонізуюче випромінювання було відкрито Вільгельмом Рентгеном у 1895 році шляхом пропускання електричного струму через евакуйовану скляну трубку та створення безперервних рентгенівських променів. Потім, у 1896 році, Анрі Беккерель виявив, що уран (руда, що містить радій та уран) викликає потемніння фотопластинки. Потім він продемонстрував, що це відбувається через бета-випромінювання (електрони) та альфа-частинки (ядра гелію). Віллар виявив третій тип випромінювання від урану: гамма-промені, які були дуже схожі на рентгенівські промені. Потім, у 1896 році, П'єр і Марія Кюрі дали цьому явищу назву «радіоактивність», а в 1898 році виділили з урану полоній і радій. Пізніше радій був використаний у медицині. У 1898 році Семюел Прескотт показав, що радіація знищує бактерії в їжі [1].

У 1902 році Ернест Резерфорд показав, що радіоактивність, як спонтанна подія, що випромінює альфа- або бета-частинки з ядра, створює інший елемент. І в 1919 році він випустив альфа-частинки з джерела радію в азот і виявив, що відбувається перебудова ядра з утворенням кисню.

До 1911 року Фредерік Содді виявив, що природні радіоактивні елементи мають низку різних ізотопів (радіонуклідів) з однаковим хімічним складом. Також у 1911 році Джордж де Хевеші показав, що такі радіонукліди є безцінними

як трасери, оскільки їх незначні кількості можна легко виявити за допомогою простих приладів [1].

У 1932 році Джеймс Чедвік відкрив нейтрон. Також у 1932 році Кокрофт і Волтон здійснили ядерні перетворення, бомбардуючи атоми прискореними протонами, а потім у 1934 році Ірен Кюрі та Фредерік Жоліо виявили, що деякі такі перетворення створюють штучні радіонукліди.

Фермі продовжував свої експерименти, здебільшого виробляючи важчі елементи зі своїх мішеней, але також, з ураном, деякі набагато легші. Наприкінці 1938 року Отто Ган та Фріц Штрассманн у Берліні показали, що новими легшими елементами були барій та інші, які мали приблизно половину маси урану, тим самим продемонструвавши, що відбувся атомний поділ. Ліза Мейтнер та її племінник Отто Фріш, працюючи під керівництвом Нільса Бора, потім пояснили це, припустивши, що нейтрон був захоплений ядром, що викликало сильну вібрацію, що призвела до розколу ядра на дві не зовсім рівні частини. Вони розрахували, що виділення енергії від цього поділу становило близько 200 мільйонів електрон-вольт. Фріш потім експериментально підтвердив цю цифру в січні 1939 року.

1939 року Ган і Штрассман показали, що поділ не тільки вивільняє багато енергії, але й додаткові нейтрони, які можуть спричинити поділ в інших ядрах урану та, можливо, самопідтримувальну ланцюгову реакцію, що призводить до величезного вивільнення енергії.

Бор невдовзі припустив, що поділ набагато частіше відбувається в ізотопі урану-235, ніж в U-238, і що поділ відбуватиметься ефективніше з повільними нейтронами, ніж зі швидкими. Останню думку підтвердили Сцілард і Фермі, які запропонували використовувати «сповільнювач» для уповільнення випромінюваних нейтронів. Бор і Вілер розширили ці ідеї до того, що стало класичним аналізом процесу поділу, і їхня стаття була опублікована лише за два дні до початку війни в 1939 році [1].

Ще одним важливим фактором було те, що тоді було відомо, що U-235 містить лише 0,7% природного урану, а решта 99,3% – це U-238 з подібними

хімічними властивостями. Отже, розділення цих двох елементів для отримання чистого U-235 було б складним і вимагало б використання їхніх дещо відмінних фізичних властивостей. Таке збільшення частки ізотопу U-235 стало відомим як «збагачення».

Німецький проект ядерної енергетики під керівництвом Німецького відомства зброї спочатку він був спрямований на військове застосування, і до кінця 1939 року Гейзенберг розрахував, що ланцюгові реакції поділу ядер можуть бути можливими. При сповільненні та контролі в «урановій машині» (ядерному реакторі) ці ланцюгові реакції можуть генерувати енергію; при неконтрольованому процесі вони призводять до ядерного вибуху, у багато разів потужнішого за звичайний вибух.

До 1942 року військова мета була згорнута як непрактична, що вимагало більше ресурсів, ніж було доступно. Пріоритетом стало будівництво ракет. Однак існування німецького проекту «Уранфєрайн» стало головним стимулом для розробки атомної бомби у воєнний час Великою Британією та США.

Фізики Пайєрлс і Фріш дали значний поштовх концепції атомної бомби у тристорінковому документі, відомому як Меморандум Фріша-Пайєрлса. У ньому вони передбачили, що кількість близько 5 кг чистого U-235 може зробити дуже потужну атомну бомбу, еквівалентну кільком тисячам тонн динаміту. Вони також запропонували, як можна підірвати таку бомбу, як можна виробляти U-235 і які радіаційні ефекти можуть бути на додаток до вибухових. Вони запропонували термічну дифузію як відповідний метод відділення U-235 від природного урану.

У Великій Британії в 1940 році було створено групу видатних вчених, відомих як Комітет MAUD, яка керувала дослідженнями в університетах Бірмінгема, Брістоля, Кембриджа, Ліверпуля та Оксфорда.

У грудні 1942 року в лабораторії Чиказького університету запущена перша контрольована ланцюгова ядерна реакція.

Перший атомний пристрій було успішно випробувано в Аламагордо, штат Нью-Мексико, 16 липня 1945 року. У ньому використовувався плутоній, виготовлений у ядерному реакторі. Команди не вважали за необхідне випробувати простіший пристрій U-235. Перша атомна бомба, яка містила U-235, була скинута

на Хіросіму 6 серпня 1945 року. Друга бомба, що містила Pu-239, була скинута на Нагасакі 9 серпня. Того ж дня СРСР оголосив війну Японії. 10 серпня 1945 року японський уряд капітулював [1].

Після війни розробка зброї продовжувалася по обидва боки «залізної завіси», але новий акцент був зроблений на використанні величезної атомної енергії, яка тепер драматично (хоч і трагічно) продемонстрована, для виробництва пари та електрики.

Першим ядерним реактором, який виробляв електроенергію (хоч і незначну кількість), був малий експериментальний реактор-розмножувач (EBR-1), спроектований та експлуатований Аргоннською національною лабораторією та розташований в Айдахо, США. Реактор був запущений у грудні 1951 року.

У 1953 році президент Ейзенхауер запропонував свою програму «Атом заради миру», яка переорієнтувала значні дослідницькі зусилля на виробництво електроенергії та визначила курс розвитку цивільної ядерної енергетики в США.

У Радянському Союзі в різних центрах тривала робота з удосконалення існуючих конструкцій реакторів та розробки нових. Інститут фізики та енергетики (ФЕІ) був створений у травні 1946 року в тоді закритому місті Обнінськ, за 100 км на південний захід від Москви, для розробки технології ядерної енергетики. Існуючий графітовий реактор каналного типу для виробництва плутонію був модифікований для виробництва тепла та електроенергії, а в червні 1954 року в ФЕІ в Обнінську розпочав роботу перший у світі атомний генератор електроенергії.

Основні зусилля США були спрямовані на адмірала Хаймана Ріковера, який розробив реактор під тиском (PWR) для використання на флоті (зокрема, для підводних човнів). Прототип військово-морського реактора Mark 1 був запущений у березні 1953 року в Айдахо, а перший атомний підводний човен USS Nautilus був спущений на воду в 1954 році. У 1959 році і США, і СРСР спустили на воду свої перші атомні надводні кораблі.

В 1960-х роках атомна енергетика стає комерційною.

У США компанія Westinghouse спроектувала перший повністю комерційний реактор PWR потужністю 250 МВт, Yankee Rowe, який був запущений у 1960 році та працював до 1992 року. Тим часом реактор з киплячою водою (BWR) був

розроблений Аргоннською національною лабораторією, а перший з них, Dresden-1 потужністю 250 МВт, розроблений General Electric, був запущений раніше у 1960 році. Прототип BWR, Vallecitos, працював з 1957 по 1963 рік. До кінця 1960-х років розміщувалися замовлення на реакторні блоки PWR та BWR потужністю понад 1000 МВт.

У 1964 році було введено в експлуатацію перші дві радянські атомні електростанції.

У двадцятому столітті виявилось, що ядерна реакція поділу урану досить ефективна і далеко переважає найбурхливіші хімічні реакції. Якщо порівняти атом урану і молекулу вибухової речовини – тринітротолуолу (тротилу), то при розпаді молекули тротилу виділяється 10 еВ енергії, а при розпаді ядра урану – 200 млн. еВ, тобто у 20 млн. разів більше.

Дані відкриття справили у науковому світі сенсацію: в історії людства не було наукової події, важливішої за своїми наслідками, ніж проникнення у світ атому та оволодіння його енергією. Вчені зрозуміли, що головне її призначення – виробництво електроенергії і застосування в інших мирних напрямках.

Зростання потужностей АЕС у світі наведено на рис. 1.1

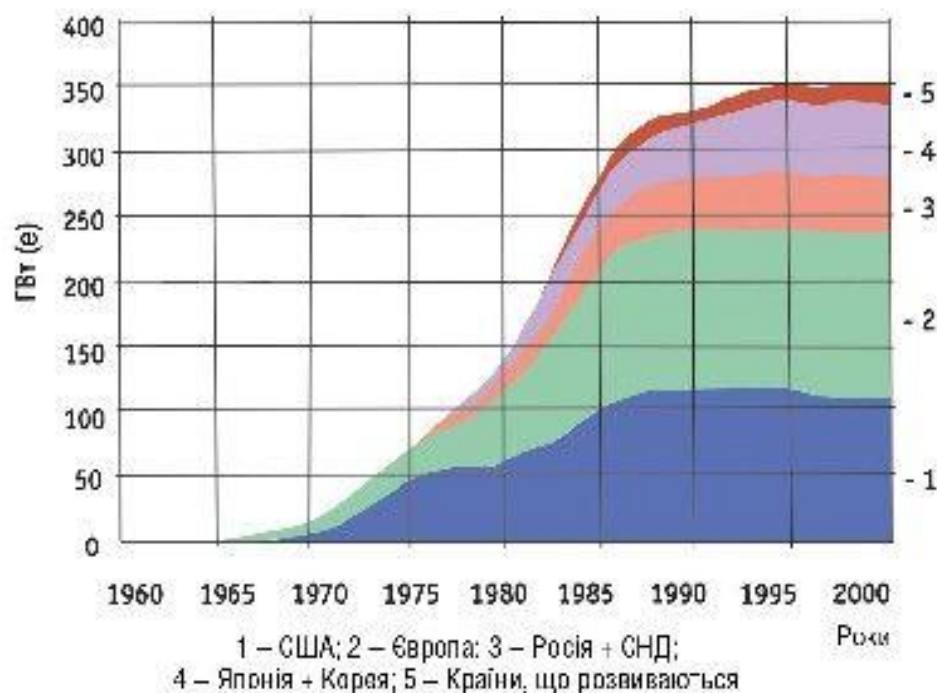


Рис. 1.1 - Зростання потужностей АЕС у світі

У новому столітті кілька факторів поєдналися, щоб відродити перспективи ядерної енергетики. Це сталося через усвідомлення масштабів прогнозованого зростання попиту на електроенергію в усьому світі, а особливо в країнах, що швидко розвиваються. По-друге, це усвідомлення важливості енергетичної безпеки – першочергової важливості того, щоб кожна країна мала гарантований доступ до доступної енергії, здатної задовольнити попит у будь-який час. А також, це необхідність обмеження викидів вуглецю для протидії зміні клімату.

До 2000 р. на частку АЕС, які працювали у 37 країнах світу, припадало 16% світового виробництва електроенергії.

Таким чином, історія ядерної енергетики починається з науки в Європі, розквітає у Великій Британії та США завдяки їхній технологічній та економічній могутності, занепадає на кілька десятиліть, а потім переживає новий сплеск зростання у Східній Азії. За цей час накопичилося понад 17 000 реактор-років експлуатації, які забезпечили значну частину світового виробництва електроенергії [1].

Станом на сьогодні, 22,8 % загального виробництва електроенергії в Євросоюзі припадає на атомні електростанції.

За даними Євростату в ЄС спостерігається незначне зростання атомної генерації. 13 країн ЄС з ядерними енергетичними реакторами виробили 619 601 ГВт/год електроенергії у 2023 році, що на 1,7 % більше, ніж у 2022 році.

Франція, найбільший виробник ядерної енергії в ЄС, виробила 54,6% ядерної енергії Євросоюзу (338 202 ГВт/год). Наступною йде Іспанія з 56 873 ГВт/год (9,2%), потім Швеція (48 470 ГВт/год; 7,8%) і Фінляндія (34 308 ГВт/год; 5,5%).

В 2024 році у Франції виробництво електроенергії зросло на 13% і становить 67% від загальної генерації у країні, працює 57 атомних блоків.

В 2025 році в Італії обговорюють законопроект про повернення ядерної енергетики після 40-річної заборони.

Проект закону спрямований на створення нормативно-правової бази для розміщення та експлуатації атомних електростанцій, виведення з експлуатації та демонтаж існуючих станцій, поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим паливом, а також дослідження і розвиток термоядерної енергетики.

Італія готова повернути ядерну енергетику у свій енергетичний баланс і вона доповнюватиме, а не замінюватиме відновлювані джерела енергії.

Федеральний енергетичний та кліматичний план Італії вже містить сценарії, згідно з якими ядерна енергетика забезпечуватиме від 11% до 22% електроенергії в країні до 2025 року. [2,3].

У Казахстані визначили Жамбильський район на півдні країни як місце для своєї першої атомної електростанції.

Китай планує та активно працює над величезним збільшенням потужностей ядерної енергетики до 2030 року.

Найбільші світові технологічні групи підтримали ініціативу будівництва нових АЕС, щоб задовольнити зростаючий попит на електроенергію, наприклад компанія Amazon та компанії Ілона Маска.

Українська Національна Енергетична стратегія до 2050 року передбачає перехід до безвуглецевої енергетики. Однією із базових має стати саме атомна генерація. На сьогодні Україна займає 7-ме місце у світі за загальним обсягом виробництва атомної електроенергії та 3-тє місце у світі за часткою ядерної енергії в національному енергетичному балансі. АЕС виробляють 55% всієї електроенергії України [2,3].

## **1.2 Нормативно-правові акти: на міжнародному, європейському та національному рівнях**

Міжнародні стандарти з радіаційної безпеки регулюються різними організаціями та угодами, але найбільш важливі стандарти часто розробляються та підтримуються Міжнародною агенцією з атомної енергії (МАГАТЕ) [5,6,7] та Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ), а також її 6 регіональними бюро [8].

Ключові напрямки міжнародних організацій з радіаційної безпеки:

- МАГАТЕ: Загальна безпека
- ВООЗ: Медична радіологія
- Міжнародна комісія з радіаційного захисту (МКРЗ): Захист населення та середовища
- Міжнародна асоціація ядерних стандартів (ІАЕС): Стандарти ядерної безпеки та безпеки відпрацьованого палива
- Міжнародний фонд атомної енергії (МФАЕ): Безпека використання ядерної енергії
- Інститут ядерних матеріалів (ІНММ): Безпека та управління ядерними матеріалами

Оскільки ядерна безпека і воєнні (бойові) дії апріорі несумісні, акти агресії держав, спрямовані на атомні електростанції (далі — АЕС), були заборонені міжнародним правом після пакту Бріана-Келлога 1928 року і статтею 2(4) Статуту ООН. Ця заборона є імперативною нормою загального міжнародного права [4,5].

Також діють міжнародні нормативи щодо ядерної безпеки:

- Угода між Міжнародним агентством з ядерної енергії та Всесвітньою організацією охорони здоров'я від 28.05.1959 р.[9];
- Договір про нерозповсюдження ядерної зброї (ДНЯЗ) від 01.07.1968 р.[10];
- Конвенція про фізичний захист ядерного матеріалу та ядерних установок від 26.10.1979 р. - стосується безпеки ядерних матеріалів та установок і є єдиним міжнародним юридично обов'язковим зобов'язанням у сфері фізичного захисту ядерних матеріалів та установок [11];
- Конвенція про оперативне оповіщення про ядерну аварію від 26.09.1986р., вимагає від країн-учасниць негайно повідомляти про будь-яку ядерну аварію, яка може вплинути на інші країни [12];
- Конвенція про допомогу в разі ядерної аварії чи радіаційної аварійної ситуації від 26.09.1986 р. - описує питання надання негайної допомоги у разі ядерної аварії або радіаційної надзвичайної ситуації [13];
- Конвенція про ядерну безпеку від 17.06.1994 р. - вона стосується безпеки атомних електростанцій [14];

- Об'єднана конвенція про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами від 29.09.1997 р. [15].

Мета міжнародних конвенцій полягає в юридичному зобов'язанні країн-учасниць підтримувати високий рівень ядерної безпеки. Це досягається шляхом встановлення міжнародних вимог безпеки для урядів, регулюючих органів та ядерної спільноти. Ці вимоги базуються на Основах безпеки МАГАТЕ [5, 6, 7].

Нормативно-правові акти з ядерної безпеки на європейському рівні.

ENSREG (Європейська група регуляторів ядерної безпеки) – це незалежний авторитетний експертний орган, створений у 2007 році, що складається з представників держав-членів ЄС та Європейської комісії з метою постійного вдосконалення та налагодження взаєморозуміння у сферах ядерної безпеки та поводження з радіоактивними відходами.

До його складу входять високопосадовці національних органів регулювання ядерної безпеки, безпеки радіоактивних відходів або радіаційного захисту, високопосадовці з усіх держав-членів Європейського Союзу, які мають компетенції в цих сферах, та представники Європейської Комісії.

Роль ENSREG полягає у сприянні створенню умов для постійного вдосконалення та досягненні спільного розуміння у сферах ядерної безпеки та поводження з радіоактивними відходами [16].

Більшість держав-членів ЄС є договірними сторонами низки міжнародних конвенцій з ядерної безпеки, описаних вище.

Міжнародні конвенції з ядерної безпеки надають громадськості Європейського Союзу гарантії того, що безпеці надається належний пріоритет в його межах. Оскільки вони мають глобальний характер, вони також дають певну гарантію того, що безпеці надається належний пріоритет інших країнах, які їх дотримуються. До прикладу, для Конвенції з ядерної безпеки та Об'єднаної конвенції більшість країн публікують свої національні звіти, а деякі надають детальну інформацію про письмові сесії запитань і відповідей під час процесу експертної оцінки [16, 17].

Кожні три роки країни-учасниці Конвенції з ядерної безпеки та Об'єднаної конвенції повинні продемонструвати їх дотримання, що передбачає:

- Підготовку національної доповіді про стан дотримання статей Конвенцій;

- Розгляд національних звітів інших країн та подання письмових запитань і коментарів до них;
- Письмові відповіді на запитання, поставлені іншими країнами;
- Участь у нарадах з огляду в МАГАТЕ для представлення своїх аргументів щодо дотримання конвенції та реагування на усні експертні оцінки від інших країн;
- Впровадження будь-яких дій, визначених під час експертної оцінки, як загальних, так і тих, що стосуються конкретної країни (ці дії розглядаються на наступному засіданні конвенції) [ 16, 19, 20].

Нормативна документація у сфері реагування на надзвичайні ситуації ядерного характеру у системі охорони громадського здоров'я в Україні:

· Закон України «Про систему громадського здоров'я» від 06.09.2022 №2573-IX.

· Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист».

· Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання».

ЗУ "Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання" № 2064-III від 19.10.2000.

ЗУ "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" № 39/95-ВР від 08.02.1995.

· Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 №5403-VI.

· Постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 №11 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту».

· Постанова Кабінету Міністрів України від 11.03.2015 №101 «Про затвердження типових положень про функціональні та територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту».

· Постанова Кабінету Міністрів України від 30.08.2022 №976 «Про внесення змін у додаток 1 до Положення про єдину державну систему цивільного захисту».

· Постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 №368 «Про затвердження порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями».

- Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97), затверджені наказом МОЗ від 14.07.97 № 208.
- Наказ Державного комітету ядерного регулювання України та Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 17.05.2004 № 87/211. «Про затвердження «Плану реагування на радіаційні аварії», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 червня 2004 р. за № 720/9319.
- Наказ МВС України від 06.08.2018 №658 «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій».
- Наказ МВС і МОЗ України від 03.04.2018 № 275/600 «Про затвердження Інструкції щодо організації взаємодії між Державною службою України з надзвичайних ситуацій і Міністерством охорони здоров'я України в разі виникнення надзвичайних ситуацій».
- Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 06.12.2022 №2213 «Про затвердження Положення про функціональну підсистему забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення єдиної державної системи цивільного захисту та Змін до деяких нормативно-правових актів Міністерства охорони здоров'я України».
- Наказ МОЗ України від 21.12.2023 № 2172 «Про затвердження Плану реагування на надзвичайні ситуації Міністерства охорони здоров'я України у сфері медичного захисту населення та санітарного та епідеміологічного благополуччя населення».
- Наказ МОЗ від 02.02.2005 р. № 54 «Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України», зареєстровано в Мінюсті України 20 травня 2005 р. за № 552/10832
- Наказ МОЗ від 06.04.2022 р. № 585 «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо дій у зонах ядерного ураження».
- Наказ МОЗ від 3.05.2006 р № 256 Про затвердження Державних гігієнічних нормативів "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді".

· Наказ МОЗ від 12 травня 2010 року № 400 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" [22].

Згідно наказу Держатомрегулювання від 14.02.2020 №57 затверджено «Положення про функціональну підсистему ядерної та радіаційної безпеки єдиної державної системи цивільного захисту», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13 квітня 2020 р. №340/34623 (далі-Положення)[3].

Метою функціональної підсистеми ядерної та радіаційної безпеки ЄДС ЦЗ є:

- захист персоналу, населення і територій від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання шляхом запобігання ядерним і радіаційним аваріям на об'єктах використання ядерної енергії та при перевезенні радіоактивних матеріалів, забезпечення оперативного реагування в разі їх виникнення в мирний час і в особливий період;

- оповіщення та подальше інформування заінтересованих органів державної влади, населення (через засоби масової інформації), Центру з інцидентів та аварійних ситуацій Міжнародного агентства з атомної енергії, компетентних органів інших країн у рамках міжнародних договорів у разі виникнення ядерних і радіаційних аварій на території України, а також за її межами в разі можливості транскордонного перенесення радіоактивних речовин, що може мати з погляду радіаційної безпеки значення для інших держав, які зазнали чи могли б зазнати радіаційного впливу [24].

Постійно діючими органами управління функціональної підсистеми є:

- на державному рівні – Держатомрегулювання через структурний підрозділ Держатомрегулювання з питань цивільного захисту;

- на регіональному рівні – міжрегіональні територіальні органи Держатомрегулювання та територіальні органи на майданчиках атомних електростанцій;

- на об'єктовому рівні – керівники суб'єктів діяльності у сфері використання ядерної енергії.

Для забезпечення управління, координації дій органів управління та підпорядкованих їм сил цивільного захисту, здійснення цілодобового чергування та забезпечення збору, оброблення, узагальнення та аналізу інформації функціонують:

на державному рівні – Інформаційно-кризовий центр Держатомрегулювання (далі-ІКЦ Держатомрегулювання);

на об'єктовому рівні – чергові (диспетчерські служби) суб'єктів діяльності у сфері використання ядерної енергії (у разі їх утворення) [24].

Приклад єдиної державної системи цивільного захисту і місце в ній НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» наведено на рис. 1.2

ДП



Рис. 1.2 - Єдина державна система цивільного захисту, включаючи ДП НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ»

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, реагування на надзвичайні ситуації - це скоординовані дії суб'єктів забезпечення цивільного захисту, що здійснюються відповідно до планів реагування на надзвичайні ситуації, уточнених в умовах конкретного виду й рівня надзвичайної ситуації, і

полягають в організації робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, припинення дії чи впливу небезпечних факторів, викликаних нею, рятування населення та майна, локалізації зони надзвичайної ситуації, а також ліквідації чи мінімізації її наслідків, які становлять загрозу життю чи здоров'ю населення, заподіяння шкоди території, навколишньому природному середовищу чи майну [24, 25].

*Основні суб'єкти реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я* (органи управління відповідних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту)

1. Рада національної безпеки і оборони України.
2. Кабінет Міністрів України.
3. Міністерство охорони здоров'я України.
4. Державна служба з надзвичайних ситуацій України.
5. Центр громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України.
6. Центри контролю та профілактики Міністерства охорони здоров'я України.
7. Державна інспекція ядерного регулювання України.
8. Акціонерне товариство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «ЕНЕРГОАТОМ».
9. Регіональні та місцеві органи влади.
10. Заклади охорони здоров'я.

Крім того:

1. Національна поліція України.
2. Служба безпеки України.
3. Національна гвардія України.
4. Система екстреної медичної допомоги та медицини катастроф.
5. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів.

До завдань функціональної підсистеми забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя відносяться:

1) здійснення заходів цивільного захисту на об'єктах функціональної підсистеми та у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення;

2) забезпечення готовності підпорядкованих сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання виникненню та реагування на надзвичайні ситуації, здійснення заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій або небезпечних подій, що становлять загрозу санітарному та епідемічному благополуччю населення;

3) організація та проведення оцінки ризиків, моніторинг і прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій та їх розвитку на об'єктах функціональної підсистеми, визначення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення;

4) своєчасне і достовірне інформування заінтересованих органів виконавчої влади про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій у сфері санітарно-епідеміологічного благополуччя населення, а також на об'єктах функціональної підсистеми»;

5) проведення рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах функціональної підсистеми, вжиття відповідних заходів реагування у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення;

6) забезпечення планування заходів цивільного захисту;

7) організація та проведення навчань (тренувань) з підготовки органів управління функціональної підсистеми та підпорядкованих їм сил цивільного захисту;

8) розроблення та здійснення заходів, спрямованих на забезпечення сталого функціонування в особливий період об'єктів функціональної підсистеми;

9) підготовка навчальних матеріалів, рекомендацій та навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення. Навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації на об'єктах функціональної підсистеми;

10) здійснення заходів щодо організації укриття працівників об'єктів функціональної підсистеми у захисних спорудах цивільного захисту;

11) створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних ресурсів, необхідних для запобігання, реагування та ліквідації надзвичайних ситуацій незалежно від характеру походження та становлять загрозу санітарному та епідемічному благополуччю населення;

12) розроблення та забезпечення виконання галузевих програм і планів з питань цивільного захисту;

13) інші завдання, визначені законодавством у сфері забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Для забезпечення реагування на радіаційні/ядерні загрози у сфері громадського здоров'я на базі ДУ “Центр громадського здоров'я МОЗ України” та регіональних обласних центрів контролю та профілактики хвороб створено:

- відділи готовності та реагування на надзвичайні ситуації;
- оперативні центри реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я (ОЦРНС);
- групи оперативного реагування на надзвичайні ситуації у сфері ГЗ - (радіаційного спостереження і дозиметричного контролю).

### **1.3 Випадки ядерного забруднення у світі, у тому числі на прикладі Хіросіми, Фукусіми, Киштимської аварії**

Поводження з ядерними матеріалами, джерелами іонізуючого випромінювання та радіоактивними відходами вимагає чіткого дотримання норм і правил як ядерної безпеки, так і фізичної ядерної безпеки, невиконання яких призводить до радіаційних інцидентів різного ступеню важкості.

Існує міжнародна міра аварійних ситуацій, яка затверджена на міжнародному рівні як шкала INES (Додаток Д ) [2, 24].

0 Рівень (подія з відхиленням нижче шкали): немає значного радіаційного ризику для здоров'я чи навколишнього середовища.

1 Рівень (аномальна ситуація): рівень, який вимагає уваги, але не впливає на безпеку.

2 Рівень (інцидент): ДТП, яка тягне за собою деякі випромінювальні наслідки, але обмежені в масштабі.

3 Рівень (серйозний інцидент): серйозна аварія, яка може вплинути на здоров'я людей або спричинити наслідки для навколишнього середовища.

4 Рівень (аварія без значного ризику для навколишнього середовища): незначні наслідки для здоров'я людини та навколишнього середовища.

5 Рівень (аварія з ризиком для навколишнього середовища): дуже серйозні наслідки, значна загроза для здоров'я людини та навколишнього середовища.

6 Рівень (серйозна аварія): великі нещасні випадки, які спричинили серйозні наслідки, які потребують міжнародної відповіді.

7 Рівень (велика аварія): найвищий рівень, що описує глобальну катастрофу з тривалими наслідками для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Шкала INES використовується для інформування громадськості та управління наслідками ядерних інцидентів.

Наприклад, прикладами подій, що відносяться до 7 Рівня (Велика аварія) відноситься аварія на Чорнобильській АЕС в 1986 році та аварія на АЕС Фукусіма 1 в 2011 році.

За даними Інституту ядерних досліджень НАН України, у світі сталися наступні ядерні аварії [23]:

### **1949 рік, США**

В Хенфордському ядерному комплексі (м. Річленд, штат Вашингтон, США) був поставлений експеримент, метою якого була розробка методу визначення місць розміщення заводів з виробництва плутонію в СРСР за допомогою імітації заданих умов виробництва плутонію в СРСР. В ході експерименту 1 тонна опроміненого урану була перероблена за 16 днів після вивантаження з реактора, замість 100 днів, як цього вимагала технологія. Через порушення технологічного процесу 2 грудня 1949 року стався викид радіоактивних речовин, у тому числі 8000 Кі йоду - 131. Радіоактивний слід був зафіксований в радіусі 64-320

кілометрів. Більше 20000 дітей отримали високі дози опромінення в результаті споживання молока від корів, які випасалися на пасовищах, забруднених радіоактивним йодом.

### **1957 рік, Киштимська аварія**

Найбільш небезпечними радіаційними аваріями вважаються ті, які пов'язані з великими викидами радіоактивних речовин в оточуюче середовище, тобто ті аварії, які відбуваються в результаті розгерметизації джерела радіоактивності. Однією з таких радіаційних аварій є аварія, що сталася 29 вересня 1957 року на хімкомбінаті “Маяк”, що знаходиться в закритому місті “Челябінськ-40” (рф).

Вибух стався в ємності для радіоактивних відходів, яку було побудовано в 1950-х роках. Сама ємність являла собою циліндр з нержавіючої сталі в бетонній оболонці. Через вихід з ладу системи охолодження стався вибух ємності об'ємом 300 кубічних метрів, де містилося близько 80 м<sup>3</sup> високорадіоактивних ядерних відходів. Вибухом, оцінюваним у десятки тон у тротиловому еквіваленті, ємність було зруйновано, бетонне перекриття товщиною 1 метр вагою 160 тонн відкинуло у бік, в атмосферу було викинуто приблизно 20 мільйонів кюрі радіоактивних речовин. Частину радіоактивних речовин було піднято вибухом на висоту 1-2 км, де вони утворили хмару, що складалася з рідких і твердих аерозолів. Впродовж 10-12 годин радіоактивні речовини, випавши на поверхню, утворили радіоактивний слід довжиною 350 кілометрів (за напрямом вітру). У зоні радіаційного забруднення опинилися декілька підприємств комбінату “Маяк”, військове містечко, пожежна частина, колонія ув'язнених, 217 населених пунктів. Фахівці оцінили потужність вибуху до 100 тонн у тротиловому еквіваленті.

Опромінення в перші години після вибуху зазнали приблизно п'ять тисяч працівників комбінату. Доза опромінення цих осіб сягала до 1Гр. У ліквідації наслідків аварії в період з 1957 по 1959 роки брали участь майже 3000 військовослужбовців. Під час ліквідації наслідків аварії 23 села з сумарною

кількістю населення 12000 осіб були відселені. Самі села (будівлі, майно, худоба) були знищені.

У 1959 році рішенням уряду була утворена санітарно-захисна зона на території найбільш забрудненій радіоактивними викидами вибуху, а в 1968 році на цій території утворений Східно-Уральський державний заповідник. У наш час, ця забруднена територія називається Східно-Уральським радіоактивним слідом.

### **1957 рік, Великобританія**

Велика аварія сталася 10 жовтня 1957 року на одному з двох реакторів з напруження збройового плутонію (Уіндскейл, Великобританія). У результаті помилки, допущеної операторами реактора, температура палива в реакторі різко зросла, в активній зоні виникла пожежа (горів графіт), яка тривала 4 доби. Радіоактивні опади забруднили територію Англії та Ірландії. В Лондоні, що знаходиться на відстані 500 км від Уіндскейла, радіаційний фон зріс у 20 разів. 11 жовтня радіоактивна хмара досягла Бельгії і Данії, Німеччини, 15 - го Норвегії. Поряд з іншими радіоактивними речовинами в оточуюче природне середовище був викинутий плутоній, в основному плутоній - 239.

### **1999 рік, Японія**

30 вересня 1999 року на заводі з виготовлення палива для АЕС, що розташований у науковому містечку Токаймура (Японія), через помилку персоналу почалася некерована ланцюгова реакція, що продовжувалася майже 20 годин. На заводі за три роки до аварії змінили погоджену з Управлінням науки і технологій Японії технологію отримання ураніл-нітрату на нову технологію, не погодивши її з відповідними регулюючими органами. Зміна методики дозволила прискорити технологічний процес.

Не дивлячись на те, що раз у півроку завод підлягав державному контролю, зміна технології виробництва не була відображена в рапортах інспекторів, оскільки інспекції проводилися в періоди, коли завод не працював. Впродовж трьох років на заводі здійснювалося поводження з ураном, збагаченим за ізотопом уран-235 до 5%. 30 вересня 1999 року вперше після зміни технології

на заводі працювали з ураном зі збагаченим ізотопом уран - 235 до 18,8%. Досвіду роботи за новою технологією з таким ураном на заводі не було. У результаті була перевищена критична маса, що призвело до самопідтримуваної ланцюгової ядерної реакції. Один із робітників у момент завантаження чергової порції суміші з ураном у робочі ємності побачив блакитний спалах, після чого миттєво відчув біль, нудоту, почалися проблеми з диханням, зазнав опромінення і його товариш.

Протікання ядерної реакції супроводжувалося інтенсивними потоками гамма-випромінювання та нейтронів. Через 11 годин від початку реакції поза межами заводу, потужність гамма-випромінювання в 1000 разів перевищувала природний фон. Реакція продовжувалася 20 годин. Три працівники отримали дуже високі дози опромінення, один з них помер через 3 місяці, другий - через 7 місяців. Всього під час аварії було опромінено 667 осіб - робітники заводу, пожежники, рятувальники й мешканці навколишніх населених пунктів.

Ця аварія характеризується тим, що при виборі технології не були враховані фундаментальні закони природи. До таких аварій деякою мірою можна віднести й аварію на 4-му блоці ЧАЕС. Ці обидві аварії пов'язані з порушенням регламентів експлуатації ядерних установок і нехтуванням правил радіаційної та ядерної безпеки.

В наступному прикладі жертвами аварії стали особи, які не мали жодного відношення до виконання робіт у сфері ядерної енергії та не мали жодного уявлення про іонізуюче випромінювання і його дію на людину. Зимою 2001 року три грузинські лісоруби біля містечка Ліа знайшли в горах предмети, що виділяли тепло. Вони вирішили використати їх для обігріву. Як потім виявилось, це були радіоактивні джерела теплової енергії радіоізотопного термоелектричного генератора. Такі генератори використовувалися в СРСР, США, Канаді для отримання електричної енергії у віддалених чи важкодоступних місцях. Як правило, у таких генераторах як джерело теплової енергії, яка потім перетворювалася в електричну за допомогою застосування термопар, використовувалися ізомери стронцій - 90 й плутоній - 238. У даному

випадку це був стронцій - 90 активністю 35000 Ки. Постраждали отримали дози від 1,3 до 4,4 Грей. Усі троє хворіли гострою променевою хворобою, двоє лісорубів отримали важкі променеві опіки шкіри. Хворі лікувалися в клініках Парижу й Москви, у результаті один постраждалий виписався з лікарні через 53 дні, другий - через 471 день, а третій помер через 893 дні. Цього могло б не статися, якби ці люди були попереджені про радіоактивні джерела, що можуть знаходитися в районі їх роботи, чи аби ці джерела були своєчасно виявлені й повернуті під регулюючий контроль.

### **2005 рік, Великобританія**

16 квітня 2005 року на заводі з переробки відпрацьованого ядерного палива (м. Селлафілд, Великобританія) сталася крупна аварія - витік радіоактивних речовин. Причиною аварії стало пошкодження труби, що з'єднується з одним із резервуарів. Вияснилося, що витік високоактивних речовин почався ще в серпні 2004 року, але персонал не відреагував на показання датчиків, що вказували на витік [23] .

*Ядерні катастрофи на Чорнобильській АЕС (1986 рік) та АЕС Фукусіма-1, Японія (2011 рік). Порівняльні характеристики.*

Чорнобильська катастрофа — техногенна екологічно-гуманітарна катастрофа, спричинена двома тепловими вибухами і подальшим руйнуванням четвертого енергоблока Чорнобильської атомної електростанції, розташованої на території України (тоді УРСР), в ніч на 26 квітня 1986 року. Руйнування мало вибухову природу, реактор було частково зруйновано і в довкілля викинуто велику кількість радіоактивних речовин. Відбулося виверження потужністю 300 Хіросім [26, 27] .

Рівненська область відноситься до найбільш постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС. Площа ураженої території займає 11,2 тис. км<sup>2</sup> або 56% від усієї території області. До зон радіоактивного забруднення віднесено 341 населений пункт, розташований у 6 районах. Загальна кількість населення, що перебуває в умовах впливу радіації становить 390,8 тис. або 34 % населення області, з них 112,3 тис. дітей.

За оцінками міжнародних експертів сумарна активність усього радіоактивного матеріалу, що був викинутий під час аварії на ЧАЕС складає біля 50 мільйонів Кюрі. При цьому, доля радіоактивних ізотопів йоду складає біля 80%. Якщо до аварії на ЧАЕС рівні гама-фону на території Рівненської області становили від 4 до 10 мкР/год, то наприкінці квітня 1986 року - подекуди досягали рівня 3000 мкР/год.

У науковій роботі відображено, що населення “поліських” районів Рівненської області впродовж більше 30 років зазнає значного дозового навантаження, яке формується на 95% за рахунок внутрішнього опромінення і потребує уваги з боку медичних працівників та відповідних установ [21, 28, 35, 36].

Одна з найбільших ядерних катастроф у світі сталася 11 березня 2011 року в Японії. Причиною аварії на АЕС у Фукусімі був надзвичайно потужний землетрус, який спровокував цунамі. Висота хвиль сягнула понад 10 метрів, шансів уберегтися атомна станція фактично не мала [28].

На Фукусімі землетрус і цунамі знеструмили об'єкт і пошкодили ключове обладнання, насамперед дизель-генератори, розроблені для забезпечення резервного живлення в разі надзвичайної ситуації (далі — НС), унаслідок чого об'єкт залишився без джерела живлення. Без можливості прокачування води, що охолоджує, паливні стрижні всередині реакторів станції почали нагріватися. У результаті три реактори на ядерному комплексі Фукусіма-дайчі почали плавитися, водночас розплавлене паливо впало на дно корпусів реакторів і принаймні в одному випадку розплавалося через корпус в останній шар захисної оболонки. Коли оператори випускали пари та гази з реакторів, сталася серія вибухів водню, що призвело до подальшого пошкодження обладнання комплексу. Велика кількість радіації була розсіяна в повітрі [30, 31].

У відповідності до звіту Green Cross, від 11 березня 2015 р.: приблизно 32 мільйони людей у Японії постраждали від радіоактивних опадів внаслідок ядерної катастрофи на Фукусімі. Це стосується людей, які зазнали впливу радіації або інших стресових факторів внаслідок аварії, і які, як наслідок, перебувають під потенційним ризиком як довгострокових, так і короткострокових наслідків [29].

Як і у випадку з аварією на Чорнобильській АЕС, яка торкнулася 10 мільйонів людей, очікувалося, що в Японії зросте ризик раку та довгострокові

нейропсихологічні наслідки для здоров'я. Також викликали занепокоєння наслідки евакуації та подальшого переселення, пов'язані зі стресом. Евакуація охопила понад 400 000 осіб, 160 000 з них - з радіусу 20 км від Фукусіми. Кількість смертей внаслідок ядерної катастрофи, спричинених стресом, втомою та труднощами життя евакуйованих, наразі оцінюється приблизно в 1700 [32].

Згідно з Міжнародною шкалою ядерних та радіологічних подій (INES), катастрофи на Чорнобильській АЕС та АЕС Фукусіма-1 були класифіковані як події 7-го рівня, що визначаються як значний викид радіоактивних матеріалів із широкомасштабними наслідками, що потребує планових та тривалих контрзаходів. Радіація, що викинулася АЕС Фукусіма-1, була значною мірою зосереджена в Японії та над Тихим океаном. За оцінками, 80 відсотків викинутої радіації осіло в океані, а решта 20 відсотків були здебільшого розсіяні в радіусі 50 км на північний захід від електростанції в префектурі Фукусіма.

Згідно з розрахунками Токійської електроенергетичної компанії (TEPCO), загальний викид радіоактивних матеріалів в атмосферу внаслідок ядерної катастрофи на Фукусімі (йод-131, цезій-134, цезій-137 та благородні гази) оцінюється в менше ніж 15 відсотків від загального обсягу радіації, випроміненої внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Однак, за інформацією організації «Зелений Хрест Швейцарії», кількість людей, які постраждали від радіації в Японії, потроїлася порівняно з Чорнобилем.

Окрім радіоактивних матеріалів, які спочатку потрапили в океан, витік води на електростанції Фукусіма-1 залишався проблемою навіть через чотири роки після аварії. Повідомлення про прориви труб та витік води з резервуарів протягом місяців і років після аварії викликали занепокоєння у працівників та населення. Науковий комітет Організації Об'єднаних Націй з питань дії атомної радіації (НКДАР) повідомив, що витік радіоактивних матеріалів відбувався ще у травні 2013 року.

Мільйони тонн радіоактивної води – це ще один виклик для Японії. Періодично японський уряд повідомляє про спуски певної кількості рідини в океан. Одне з останніх таких повідомлень датоване листопадом 2023 року. Через спеціальний кілометровий тунель щодня скидали по 460 тонн води. Ще 2021 року Японія

схвалила спеціальний план виливання води в океан. Перед цим рідину очищали й розбавляли, аби знизити рівень радіації до норми. Таке рішення підтримали й у МАГАТЕ [31].

Окрім впливу радіації на людей під час аварії на АЕС, важливу роль відіграють психологічні чинники.

Ступінь психологічного впливу при радіаційній/ядерній аварії залежить від характеристик інциденту та характеристик особистості.

При таких інцидентах у людей викликає занепокоєння:

- загальна боязнь радіації;
- боязнь довгострокових наслідків для здоров'я;
- стурбованість безпекою у власних оселях;
- недовіра до чиновників та експертів;
- дезінформація та суперечлива інформація;
- тривоги викликані впливом радіації;
- відсутність розуміння процесу перевірки;
- соціальна стигма [32, 33, 34].

До груп ризику відносяться: діти, вагітні жінки, люди похилого віку, психічно хворі, люди з анамнезом травм.

Симптоми, які можуть виникати наведені на рис. 1.3

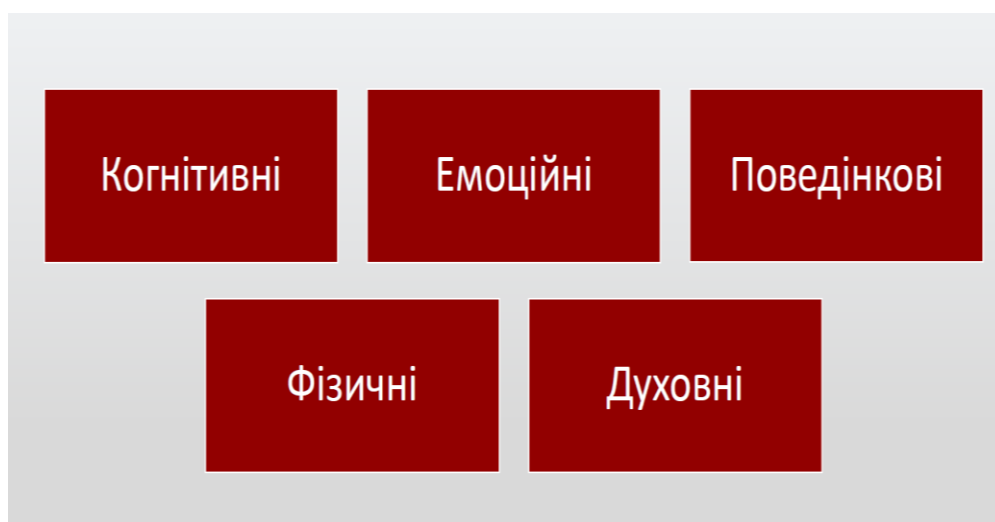


Рис. 1.3 - Симптоми, що можуть виникати при психопорушеннях у разі ядерної аварії

Тому важливо слухати постраждалих осіб, обмежити їх відволікання, дати час/простір, перефразовувати і повторювати, виправляти спотворення [35, 36].

Так, на прикладі аварії на атомній електростанції «Фукусіма Дайїчі», що сталася 11 березня 2011 року, кількість жертв від стихійного лиха становила :

смертність – 18703;

поранені – 6220;

зниклі – 2674.

Евакуація 11 березня відбувалася в радіусі 2 км, потім він збільшився до 10 км. 12 березня радіус евакуації збільшено до 20 км, 17 березня – до 30 км. Приблизно 700 людей загинуло під час евакуації з Фукусіми. Були люди похилого віку, маломобільні люди, пацієнти з лікарень, яким потрібно було годинами їхати в автобусі [38].

Після аварії спостерігалися наступні наслідки:

- порушення базових медичних послуг;
- збільшення кількості самогубств, депресії та проблем, пов'язаних з алкоголем;
- смертні випадки, спричинені стресом;
- економічний ефект [37] .

Вивчені уроки після аварії на Фукусімі:

переїзд збільшує проблеми зі здоров'ям;

люди похилого віку більш вразливі;

потребується попереднє планування для особливих груп населення.

Відповідно до статті 9 Закону України “Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку” в Україні “ядерні матеріали є виключно державною власністю, крім тих, що є власністю акціонерного товариства, утвореного згідно із Законом України “Про акціонерне товариство “Національна атомна енергогенеруюча компанія “Енергоатом”, та набуті (придбані, створені) під час діяльності акціонерного товариства і використовуються ним у процесі

виробництва ядерної енергії, теплової енергії та надання послуг на ринку електричної енергії”.

Стаття 67 цього ж Закону України говорить, що весь ядерний матеріал, який використовується в мирних цілях на території України, під її юрисдикцією чи знаходиться під її контролем, є предметом уваги державної системи гарантій.

Метою державної системи гарантій є забезпечення того, щоб ядерні матеріали, обладнання та технології використовувалися лише в мирних цілях.

Значна увага приділяється ядерним матеріалам, оскільки вони є основним компонентом ядерної зброї (високозбагачений уран, уран-233, плутоній - 239), а також використовується в мирних цілях, він є:

- паливом для ядерних реакторів;
- джерелом тепла в радіоізотопних термоелектрогенераторах;
- легуючими добавками в конструкційних, електродних і інших матеріалах;
- необхідним для напрацювання фармакологічних ізотопів для медицини .

Ядерна зброя відноситься до найпотужнішого виду зброї масового ураження, їй притаманні декілька вражаючих чинників і час дії цих чинників різний. Окрім того, ядерна зброя характеризується дуже сильним морально-психологічним впливом як на особовий склад військ, так і на населення [23].

Ядерна зброя являє собою дуже велику небезпеку в разі її застосування, але таку ж велику небезпеку являє собою низка ядерних матеріалів, наприклад ізотопів плутонію, в разі їх попадання в довкілля внаслідок аварії на ядерних установках. Зниження рівня радіації на сліду опадів, забруднених радіаційними викидами, що утворилися радіаційної аварії набагато повільніше, ніж зниження радіаційного сліду ядерного вибуху.

Головну небезпеку для людей на такій радіаційно забрудненій території внаслідок ядерної аварії є внутрішнє опромінення, а не зовнішнє, як це має місце після ядерного вибуху[23, 39, 40].

У природному урані тільки один ізотоп, уран - 235, підходить для виготовлення ядерної вибухівки чи для здійснення ланцюгової реакції поділу в реакторі. Ступінь збагачення урану за ізотопом уран-235 в ядерному паливі на

АЕС складає від 2% до 4%. Уран, що використовується в ядерній зброї має збагачення по урану-235 як мінімум 80%. Вважається, що збройовий уран повинен мати ступінь збагачення від 93% і вище.

Більшість експертів у сфері фізичної безпеки вважають, що терористи віддають перевагу “брудній бомбі” перед ядерним вибуховим пристроєм. Для терористів велике значення має ефект вчиненої ними дії. На думку експертів психологічний і політичний ефект від застосування “брудної бомби” може мати більший вплив на населення порівняно з ймовірністю летального виходу у разі застосування ядерного вибухового пристрою. Застосування “брудної бомби” крім політичного і психологічного ефекту призведе і до великих економічних втрат.

За інформацією Федерації американських вчених, на даний час на озброєнні у рф знаходяться стратегічні ядерні боєголовки, наведені на рис. 1.4



Рис. 1.4 - Стратегічні ядерні боєголовки, що перебувають на озброєнні у рф

### **Прогнозування рівня пошкоджень при застосуванні ядерної зброї з урахуванням місцевості**

Прогнозування рівня пошкоджень від ядерної зброї з урахуванням типу місцевості є важливою частиною підготовки та реагування на ядерні інциденти. Місцевість суттєво впливає на масштаби та характер пошкоджень, рівень впливу

ударної хвилі, теплового випромінювання, радіоактивного забруднення і проникаючої радіації [24] .

***Основні фактори, що впливають на рівень пошкоджень:***

1. Потужність ядерного вибуху (визначається в кілотоннах або мегатоннах)
2. Висота вибуху (надземний, наземний або підземний вибух)
3. Місцевість: структура міста, густота лісу, наявність відкритих полів, водних об'єктів тощо [40, 41].

***Прогнозування пошкоджень з урахуванням місцевості:***

- ❖ Міста зазнають значних руйнувань через щільну забудову, що сприяє масштабним пожежам і відбиттю ударної хвилі.
- ❖ Ліси можуть пом'якшити вплив ударної хвилі, але вони легко піддаються займанням, що збільшує загрозу лісових пожеж.
- ❖ Відкриті поля стають особливо вразливими через відсутність природних укриттів від усіх видів уражень.
- ❖ Гірські райони частково захищені природними бар'єрами, які можуть знизити рівень уражень, але низини та долини можуть накопичувати радіоактивні частинки.
- ❖ Водні поверхні можуть поглинати частину енергії вибуху, але при цьому викликати руйнівні хвилі й забруднення водних ресурсів [24, 42, 43].

***Приклад застосування ядерної зброї.***

6 серпня 1945 року США вперше в історії людства застосували бойову ядерну зброю. Щоб схилити Японію до капітуляції у Другій світовій війні, Вашингтон скинув на Хіросіму атомну бомбу "Малюк". Внаслідок ударної хвилі загинули близько 70 000 мирних жителів, ще 200 000 людей померли від наслідків радіоактивного опромінення.

Через три дні, 9 серпня, ще одна американська атомна бомба була скинута на місто Нагасакі, що спричинило загибель ще близько 74 000 людей. 15 серпня 1945 року капітуляція Японії поклала край Другій світовій війні.

Донині тисячі мешканці обох японських міст страждають від наслідків опромінення [44, 45].

#### **1.4 Досвід України під час реагування на аварію на Чорнобильській АЕС**

Під час аварії на Чорнобильській АЕС, ядерного вибуху не було, при цьому спостерігалось довгострокове забруднення місцевості радіонуклідами.

Найбільшу загрозу здоров'ю населення спочатку несло забруднення повітря і ґрунту радіоактивним йодом та призводило до опромінення щитовидної залози. Потрапивши всередину організму людини, він накопичувався щитовидною залозою та призводив до місцевого опромінення в дозах, здатних вплинути на функцію органу, тобто більше 3Гр (300 рад).

Запобігти цьому могло прийняття йодиду калію, проте через режим “секретності” це не було запроваджено.

Тому на зараз медична система забезпечена препаратами калію йодиду і у разі необхідності готова роздати його населенню.

Рівненською обласною санепідстанцією протягом 1986 - 1989 років було проведено понад 40 тисяч спектрометричних, радіометричних та радіохімічних досліджень. При цьому встановлено, що при щільності забруднення ґрунтів 2Кі/км<sup>2</sup> отримати молоко у приватному секторі відповідно до норм неможливо. [21,28,35,36.].

На думку авторів, однією із суттєвих помилок було прийняття як основного критерію радіаційної небезпеки не дози опромінення людини, а щільності радіоактивного забруднення території. Значення по <sup>137</sup>Cs, які не вимагали впровадження заходів протирадіаційного захисту у населення було встановлено на рівні 15 Кі/км<sup>2</sup>, що призвело до помилкових оцінок, насамперед території Полісся, де поширені кислі торфові ґрунти, які мають свою специфіку з високим коефіцієнтом переходу. В таких ґрунтах міграція <sup>137</sup>Cs в системі ґрунт-рослина, значно вище ніж на чорноземних або глинистих ґрунтах. Це призвело до

нормативів забруднення молока навіть на “благополучних” по забрудненню територіях [21].

У 1989 році, за результатами проведених спектрометричних замірів проб молока встановлено, що в державних господарствах відсоток невідповідності нормативів складав 0,53%, тоді як у приватному секторі не відповідало нормативам 24,4% молока.

Це свідчить про те, що в державних господарствах в раціон коровам додали “чисті” корми, а в приватних господарствах населення випасало корів на неокультурених пасовищах (лісові масиви, луки, болота) [21,28,35,36.].

Досвід, отриманий під час ліквідації аварії на 4-му блоці ЧАЕС, зокрема при проведенні радіаційної розвідки, вказав на необхідність наявності на кожній АЕС крім системи радіаційного контролю енергоблоків системи контролю радіаційної обстановки в санітарно-захисній зоні АЕС та зоні спостереження.

За даними інституту ядерних досліджень НАН України, під час аварії на ЧАЕС застосовували в основному груповий метод дозиметричного контролю, який полягав у тому, що один дозиметр видавався на групу воїнів, що виконувала одну і ту ж роботу в одному і тому ж місці, в один і той же час. Дозиметри перед виходом на виконання завдання видавалися під розписку конкретній особі, що входила в групу з 15-20 осіб. Після закінчення роботи в зоні забруднення та виході із зони, вівся облік показів дозиметра та вносилися записи в журнал обліку доз опромінення кожного воїна-ліквідатора.

Практика ліквідації наслідків на ЧАЕС, свідчення ліквідаторів говорять, що дозиметричний контроль є достовірним за умови:

- кожен ліквідатор має індивідуальний дозиметр;
- індивідуальний дозиметр відповідає радіаційній обстановці в місці проведення радіаційної розвідки;
- встановлений суворий контроль за використанням індивідуального дозиметра;
- ведеться ретельне документування результатів дозових навантажень ліквідаторів [23, 24].

## Результати дозового навантаження ліквідаторів аварії на Чорнобильській АЕС:

Ліквідатори радіаційної аварії на ЧАЕС виконували свою роботу в різних умовах, але їх можна розділити на дві групи:

*перша група* - персонал ЧАЕС, пожежники, особовий склад підрозділу з охорони, а також медичні працівники, які знаходилися на момент аварії на майданчику АЕС чи на прилеглих ділянках;

*друга група* - всі ліквідатори, за виключенням ліквідаторів, які відносяться до першої групи.

Ліквідатори першої групи отримали дози опромінення від 1 до 10 Гр і більше за рахунок зовнішнього опромінення, а також такі ж чи більші дози за рахунок внутрішнього опромінення.

Основні шляхи опромінення ліквідаторів першої групи:

- зовнішнє гамма- та бета- випромінювання радіоактивного 4-го блоку;
- фрагментовані частинки зруйнованої активної зони реактора, що забруднили шкіру;
- внутрішнє опромінення за рахунок вдихання радіоактивних аерозолів і дрібнодисперсних частинок ядерного палива.

Найбільш високі дози опромінення виявлені в декількох сотень (приблизно 400 осіб) ліквідаторів першої групи. У 134 підтверджена гостра променева хвороба [23, 24].

Друга група ліквідаторів - це люди, які були зайняті на роботах на майданчику станції, в населених пунктах біля станції. Цих ліквідаторів було приблизно 600000, в тому числі 240000 військовослужбовців. Їх основними завданнями було проведення дезактиваційних робіт та створення “Саркофага” - захисної споруди навколо зруйнованого реактора.

Усі ліквідатори другої групи, що працювали під час ліквідації на ЧАЕС, мали обмеження щодо граничної дози опромінення - 250 мЗв, в 1987 році ця доза була знижена до 100 мЗв, а в 1998 році - до 50 мЗв [23, 24].

Відповідно до Загальних положень безпеки атомних станцій, затверджених наказом Держатомрегулювання від 19.11.2007 №162, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України від 25.01.2008 за №56,14747:

- кожна АЕС оснащується автоматизованою системою контролю за радіаційним станом території АЕС, санітарно-захисної зони і зони спостереження (АСКРО - автоматизована система контролю радіаційної обстановки). Працездатність її обґрунтовується як для режимів нормальної експлуатації, так і для аварій.

Наявність такої АСКРО на ЧАЕС в 1986 році забезпечила б:

- своєчасний контроль забруднення 30-кілометрової зони; встановлення доз, отриманих населенням в різних точках 30-кілометрової зони;
- встановлення черговості евакуації населення в 30-кілометровій зоні;
- визначення оптимальних шляхів евакуації населення в 30-кілометровій зоні; зменшення доз опромінення персоналу радіаційної розвідки.

На кожній АЕС України відповідно до проєкту створення АЕС функціонує система радіаційного контролю енергоблоків, яка контролює дотримання виробничих в технічних параметрів в частині, що стосується радіаційної безпеки (викиди, індивідуальні та колективні дози опромінення, стан захисних бар'єрів) [23, 24].

## **Висновок до розділу 1**

В ході написання кваліфікаційної роботи проведено огляд літературних джерел щодо розвитку ядерної енергетики у світі з моменту винаходу ланцюгової реакції до сьогодення, опрацьовано нормативно-правові акти: на міжнародному, європейському та національному рівнях. Проаналізовано історичні аспекти ядерного забруднення у світі, у тому числі на прикладі Хіросіми, Фукусіми, Киштимської аварії.

Встановлено, що радіологічні/ядерні події можуть створити унікальні проблеми, які потребують психологічної допомоги.

Досліджено застосування ядерної зброї у світі та прогнозування рівня пошкоджень при застосуванні ядерної зброї з урахуванням місцевості.

Проаналізовано досвід України під час реагування на аварію на Чорнобильській АЕС та винесені уроки.

## РОЗДІЛ 2. ЗАГРОЗИ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОЇ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ

### 2.1 Зовнішні та внутрішні загрози для об'єктів критичної радіологічної інфраструктури

Об'єкти критичної радіологічної інфраструктури України є бажаними цілями для РФ. Спостерігається наявна загроза від безпілотних літальних апаратів, ракет що пролітають поблизу АЕС.

*До категорій загроз можна віднести:*

- Внутрішні
- Зовнішні
- Несанкціонований доступ
- Тероризм
- Диверсія або напад
- Кібератаки
- Комбіновані дії.

*До заходів безпеки, для протидії загрозам відносяться:*

Безпека периметра

- Контроль доступу
- Системи виявлення вторгнення
- Персонал служби безпеки
- Культура безпеки
- Оцінка безпеки
- Готовність до надзвичайних та кризових ситуацій [50].

В умовах воєнного часу є три основні небезпеки, пов'язані з функціонуванням АЕС, наведені на рис. 2.1 [51].



Рис. 2.1 - Три основні небезпеки, пов'язані з функціонуванням АЕС

Головна мета, агресора у захопленні атомних електростанцій:

- створити безпечний захист для військ агресора, адже ніхто не стане вести бойові дії на території АЕС;
- залякати Європу та світ можливою аварією (на кшталт Чорнобильської АЕС та Фукусімській АЕС);
- контролювати переважну частину атомної енергетики України, а це 60% генерації електроенергії країни;

- одержати доступ до майбутньої сировини для ядерної зброї, яким може стати завантажене в реактори ядерне паливо;
- здобути перспективу для здійснення диверсій, провокацій, інших дій, якими можна скомпрометувати Україну.

За відомостями видання №15 із серії видань МАГАТЕ з фізичної ядерної безпеки “Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся ядерных и других радиоактивных материалов, находящихся вне регулирующего контроля” (Вена, 2011) наголошує, що державі потрібно розвивати національну стратегію у сфері виявлення злочинних дій чи несанкціонованих дій з наслідками для фізичної ядерної безпеки, пов’язаних з ядерними й іншими радіоактивними матеріалами, що знаходяться поза регулюючим контролем. Виявлення ядерних й інших радіоактивних матеріалів, що знаходяться поза регулюючим контролем, можна забезпечити через отримання тривожного сигналу приладу чи інформаційного попередження. МАГАТЕ рекомендує державам розробляти й застосовувати системи фізичної ядерної безпеки, засновані на використанні таких сигналів.

Видання №15 підкреслює, що система виявлення злочинних дій чи несанкціонованих дій з наслідками для фізичної ядерної безпеки повинна створюватися на основі принципу глибокоєшелонованого захисту з врахуванням того, що матеріал, що є поза регулюючим контролем, може знаходитися як в цій державі, так і за її межами, і ці системи повинні забезпечити необхідний потенціал і можливості у сфері виявлення злочинних дій чи несанкціонованих дій з наслідками для фізичної ядерної безпеки.

Тому на стратегічному об’єкті, особливо під час проведення заходу національного чи міжнародного масштабу, компетентним органам варто передбачити проведення радіаційної розвідки (радіаційного обстеження території на предмет виявлення ядерних й інших радіоактивних матеріалів), організацію охорони території до проведення такого масового заходу й застосовувати заходи з виявлення та реагування в місцях входу/виходу на

стратегічному об'єкті, а також на інших стратегічних об'єктах під час таких заходів [24].

Наприклад, під час проведення чемпіонату світу з футболу NUKLEAR здійснює такі заходи перевірки задля убезпечення відвідувачів при його проведенні.

*Тому має бути запроваджений багаторівневий та інтегрований захист:*

Багаторівневий захист - впровадження декількох рівнів безпеки.

Інтегрований захист: координація та інтеграція різних технологій безпеки

Ешелонований захист: впровадження декількох рівнів безпеки, що перекривають один одного, для надання затримки/часу (Додаток Е).

В атомній промисловості увага часто приділяється технологіям, а не людям.

Лише одна перевірка анкетних даних працівників атомної енергетики не вирішить проблему з внутрішніми загрозами.

Менеджери можуть думати, що якщо принципи та процедури діють, персонал їх дотримуватиметься. Але корпоративна культура та ставлення працівників мають великий вплив на безпеку.

Менеджери ядерної галузі повинні:

- створити культуру, в якій співробітники вважатимуть безпеку важливою частиною своєї роботи;
- виховувати розуміння того, що безпека є обов'язком кожного;
- культивувати задоволеність працівників, що дозволить запобігти їхньому невдоволенню.

Не слід забувати, що особи, які становлять внутрішню загрозу, можуть знати про заходи безпеки.

Особи, які становлять внутрішню загрозу, добре розуміють процедури безпеки організації та їхні слабкі місця.

Менеджери з безпеки повинні продумати широкий спектр способів, якими особи, що становлять внутрішню загрозу, можуть спробувати подолати систему безпеки, і відповідно розробити свої заходи безпеки.

Щоб уникнути побоювань громадськості щодо ймовірних інцидентів порушення безпеки, організації можуть надавати пріоритет зусиллям із запобігання, а не зусиллям з пом'якшення наслідків. Для цього необхідно уникати «міфу про абсолютну безпеку», який призведе до самозаспокоєння та виділяти належні ресурси для реагування на надзвичайні ситуації та заходи з пом'якшення наслідків [50].

#### Приклад.

Піар-кампанія перед аварією на Фукусімі в березні 2011 року пропагувала міф про «абсолютну безпеку» ядерної енергетики. Метою було запобігання паніки в суспільстві. План реагування на надзвичайну ситуацію на станції зменшив ймовірність серйозної аварії.

Це призвело до надання пріоритету профілактичним заходам над підготуванням заходів з реагування на надзвичайні ситуації.

На ядерних об'єктах має бути програма перевірки надійності - це набір заходів, що вживаються з метою переконатися в надійності осіб із санкціонованим доступом.

Ця програма має включати:

- огляд кримінального минулого
- огляд трудової біографії та професійних рекомендацій
- тестування на наркотики
- оцінювання фізичної підготовки
- оцінювання психічного здоров'я
- перегляд фінансових документів.

#### До заходів безпеки персоналу до працевлаштування на об'єкті відносяться:

підтвердження особи (підтверджується, що особисті дані особи правильні та справжні);

перевірка особистих документів (використовується для підтвердження достовірності даних про трудову діяльність особи, яка претендує на роботу, її освіти і володіння набором навичок, необхідних для роботи);

оцінювання перевірки надійності (використовується для надання початкової оцінки чесності, щирості та надійності особи під час найму).

Оцінювання перевірки надійності повинне визначити такі чинники та поведінку:

дотримання законодавства та правил на об'єкті;

мотиваційні чинники, такі як фінансові проблеми або тиск, прихильність до ідеології, що викликає занепокоєння, фізична залежність від наркотиків або алкоголю, психологічні обставини або психічні розлади, невдоволення приватним життям або професійною діяльністю, вразливість до примусу.

До заходів безпеки персоналу під час трудової діяльності на об'єкті відносяться:

- розроблення процедур супроводу для неперевіраних співробітників і відвідувачів;
- захист конфіденційної інформації та збереження записів проте, хто й коли отримав доступ до інформації;
- контроль доступу до чутливих зон об'єкта, обмежуючись лише тими, які потребують певної роботи;
- розділення фізичних зон, обов'язків, часу та інформації в такий спосіб, щоб один носій внутрішньої загрози навряд чи мав достатній доступ, повноваження чи знання для виконання зловмисної дії;
- навчання та заохочення керівників виявляти й повідомляти про занепокоєння поведінкою працівника;
- пропонування допомоги працівникам, які опинилися в складних ситуаціях (наприклад, фінансових, медичних, психологічних);
- підтримання належних умов праці, винагороди й визнання працівників.

Заходи безпеки персоналу після завершення трудової діяльності на об'єкті:

Доступ особи на об'єкт повинен бути негайно скасований після завершення її трудової діяльності на об'єкті.

При цьому процедури завершення повинні включати: скасування фізичного доступу на об'єкт, використання угоди про нерозголошення для захисту

конфіденційної інформації, заміну ключів шифрування, паролів і кодів доступу [50].

## **2.2. Окупація російськими військами Чорнобильської АЕС в 2022 році та загрози впродовж останніх 3 років**

24 лютого 2022 року агресор захопив Чорнобильську АЕС та російські військові перебували у Рудому лісі. Регламентні роботи, заходи з технічного обслуговування та ремонту систем та обладнання об'єктів ДСП «Чорнобильська АЕС», які повинні виконуватися денним персоналом, з 24 лютого 2022 року не здійснювалися під час окупації. Також не виконувалися роботи, які здійснюються із залученням персоналу підрядних організацій. Через бойові дії та окупацію, значна частина Чорнобильської зони залишається замінованою.

«Рудий ліс» – це колишні хвойні насадження неподалік ЧАЕС. Він отримав свою назву завдяки іржавому кольору хвої, яка стала такою через високу поглинену дозу, спричинену аварією 1986 року. Оскільки забруднений ліс становив небезпеку (у тому числі потенційну небезпеку під час пожежі) для персоналу, який проводив заходи з ліквідації наслідків аварії, та в цілому погіршував радіаційну обстановку, його було вирубано та разом з поверхневим шаром ґрунту захоронено в траншеях. Так було утворено ПТЛРВ «Рудий ліс» – пункт тимчасової локалізації радіоактивних відходів [52, 54].

Відповідно до мап радіоактивного забруднення місцевості, щільність забруднення території «Рудого лісу» цезієм-137 становить приблизно 20 МБк на кв.м. Під час проведення радіаційного обстеження території фахівцями ДП Науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки в рамках міжнародних тренувань восени 2021 року, навіть на узліссі виміряні значення потужності дози становили понад 100 мкЗв/год. Загалом, перебування на території «Рудого лісу» можна порівняти зі знаходженням на відстані кількох метрів від відкритого вікна промислового радіоізотопного рівнеміра з Cs-137, активністю близько 15 ГБк.

Консервативні розрахунки ефективної дози опромінення були проведені за допомогою комп'ютерного коду RESRAD-ONSITE, що призначений для оцінки

доз опромінення персоналу або осіб, які безпосередньо перебувають на радіаційно забрудненій території. Результати розрахунків вказують на те, що індивідуальні дози опромінення для особи, яка перебувала на території «Рудого лісу» протягом місяця, становитимуть близько 150 мЗв за весь період (в основному, внаслідок зовнішнього опромінення), або приблизно 5 мЗв за добу. Вхідні параметри розрахунку були налаштовані наступним чином: особи перебували на забрудненій території 18 годин на добу, об'єм повітря що вдихає людина за добу – 28,9 куб. м, параметри вживання продуктів харчування були залишені стандартними, проте їх вплив на результат розрахунку становив менш як 1% [52, 54].

Для порівняння, основною дозовою межею опромінення для особи з-поміж населення є сумарна ефективна доза 1 мЗв на рік; для особи з-поміж персоналу, який безпосередньо працює з джерелами іонізуючого випромінювання – 20 мЗв на рік, тобто, дозові навантаження на особу, яка тривало перебувала на забрудненій території, значно перевищують ці значення. Разом із тим, немає підстав говорити про виникнення будь-яких детермінованих ефектів при короткочасному опроміненні всього тіла на рівнях, нижчих від 500 – 1000 мЗв. При нижчих дозах опромінення, за умови, що уся доза не була поглинена в критичному органі, а була розподілена у значному об'ємі тканини та у часі, системи організму здатні самостійно відновлюватися [24].

Променеві ураження пов'язані з наявністю інтенсивних радіаційних полів, створених високоактивними джерелами гамма-випромінювання, і такі джерела у зоні є: це відпрацьовані ДІВ та ядерне паливо, а також паливовмісні матеріали. За нормальних умов мирного часу усі ці джерела випромінювання надійно ізолювані від довкілля: відпрацьовані ДІВ – у Центральному сховищі відпрацьованих ДІВ (частина КВ «Вектор»), відпрацьоване ядерне паливо – у відповідних сховищах, лавоподібні паливовмісні маси – в об'єкті «Укриття» під новим безпечним конфайнментом. Варто зазначити, що численні пункти захоронення радіоактивних відходів теж містять речовини та об'єкти, які здатні

створювати інтенсивні радіаційні поля, наприклад, у ПЗРВ «Підлісний» захоронені РАВ, що створюють потужність дози у 2 Зв/год.

В мирний час доступ сторонніх осіб у ці об'єкти унеможливлений. Пересування відвідувачів зоною відчуження відбувається за чітко визначеними маршрутами у супроводі досвідчених дозиметристів, забезпечується індивідуальний дозиметричний контроль та інструктаж щодо правил поведінки. Час перебування відвідувачів у зоні відчуження, як правило, досить обмежений. Щодо працівників (персоналу) радіаційно-небезпечних об'єктів, то вони суворо дотримуються правил радіаційної безпеки, застосовують засоби індивідуального захисту, проходять медогляди та щодо них здійснюється індивідуальний дозиметричний контроль, який має поглиблений характер у випадках, коли персонал залучений до особливо небезпечних робіт.

Отже, знаходячись у зоні відчуження в мирний час, за умови нормальної експлуатації об'єктів, призначених для поводження з відпрацьованим паливом та радіоактивними відходами, отримати дози опромінення, які призведуть до виникнення променевої хвороби, неможливо.

Проте, у випадку руйнування захисних бар'єрів на шляху розповсюдження радіоактивних речовин та випромінення внаслідок обстрілу, при втручанні у пункти захоронення радіоактивних відходів, вилученні окремих об'єктів, забруднених радіонуклідами, та взаємодії з ними, при тривалому перебуванні у безпосередній близькості від джерел без засобів захисту вірогідність опромінення до рівнів, достатніх для виникнення негайних негативних наслідків для організму, зростає.

Розрахунки показують, якщо навіть припустити, що певна особа протягом декількох тижнів знаходилася на дуже забрудненій ділянці зони відчуження, при цьому копала траншеї, окопувала техніку, облаштовувала побут, а також збирала на місці деревину та використовувала її для розпалювання вогнищ і там само вживала їжу, її доза зовнішнього опромінення за цей період буде співставною з дозою опромінення, яку може отримати працівник ЧАЕС за десять-п'ятнадцять років [24].

Проте жодні розрахунки не можуть врахувати ще один фактор – так звані «гарячі частинки». Це один із компонентів чорнобильських випадіннь, що за своєю природою є дрібнодиспергованим внаслідок вибуху ядерним паливом, що було розпорошено по значній території внаслідок вибуху. Зафіксовані випадки, коли у легенях працівника виявляли «гарячу частинку», що містила понад 7 кБк цезію-137.

На відміну від цезію, який легко ідентифікується за допомогою скринінгових лічильників випромінювання людини, основною загрозою в «гарячих частинках» є альфа-випромінювачі, ідентифікація яких в організмі – процес складний, коштовний, а у більшості випадків просто неможливий. Сумарна активність альфа-випромінюючих ізотопів є дуже незначною, у порівнянні з активністю цезію-137 в складі «гарячих частинок», але при цьому їх вклад в дозу лежить в діапазоні 70-99%. Ймовірність того, що «гаряча частинка» потрапить у легені людини, завжди відмінна від нуля, проте вона збільшується при проведенні земляних робіт, пожежах (або розпалюванні багаття), та й просто при тривалому знаходженні на радіоактивно забрудненій території. Відсутність засобів індивідуального захисту органів дихання також робить внесок у зростання ризику внутрішнього опромінення.

Надходження радіонуклідів до організму може відбуватися не лише інгаляційно, але ще й перорально та через ушкоджену шкіру. В такому випадку слушно говорити не лише про дозу внутрішнього опромінення, а й про тропність радіонукліду та його радіотоксичність, тобто, здатність накопичуватися у певних органах або тканинах при потраплянні в організм та викликати в них патологічні зміни. В умовах зони відчуження, незалежно від способів надходження радіонуклідів, найбільша небезпека створюється для кісткової тканини через присутність в об'єктах довкілля природного і антропогенного походження ізотопів стронцію, плутонію та америцію у високих концентраціях.

Нарешті, наслідком опромінення є стохастичні ефекти, які виникають при будь-якій, в теорії – навіть при найменшій дозі опромінення, до яких належить радіаційний канцерогенез, зумовлений нелетальними пошкодженнями клітин.

При цьому, чим вища доза опромінення, тим вища ймовірність його виникнення, проте проявляється цей ефект завжди у повному обсязі. Накопичені на сьогодні наукові та клінічні дані свідчать про те, що виникнення ракових пухлин внаслідок опромінення можливе у будь-яких тканинах, проте на практиці найчастіше зустрічаються злоякісні утворення шкіри, кісток, а також лейкози. Латентний період між радіаційним впливом та виникненням онкологічного захворювання складає близько 10 років [23, 24].

14 лютого 2025 року російський безпілотною влучив у новий безпечний конфайнмент об'єкта «Укриття» над енергоблоком №4 Чорнобильської АЕС. Внаслідок влучання та пожежі, що виникла, було пошкоджено цілісність зовнішньої оболонки нового безпечного конфайнменту та обладнання в гаражі для обслуговування кранів. Про це Україна проінформувала Європейський офіс цивільного захисту, що сталася така подія і такі наслідки.

Об'єкт «Укриття» був побудований за фінансової підтримки 45 урядів, включаючи ЄС, для утримання залишків четвертого енергоблоку Чорнобильської АЕС, який був зруйнований внаслідок найбільшої ядерної катастрофи в історії 26 квітня 1986 року. Укриття призначене для запобігання виходу радіоактивних матеріалів, у тому числі частинок і газів, у навколишнє середовище. У 1990-х роках Україна та міжнародне співтовариство погодилися, що першопочаткове радянське укриття або саркофаг, який був побудований над зруйнованим реактором відразу після катастрофи, знаходиться під великим ризиком обвалення, тому було побудовано новий об'єкт. Новий конфайнмент важить 36 000 тонн, має 108 метрів заввишки і 162 метри завдовжки, проліт 257 метрів і термін експлуатації щонайменше 100 років. Його будівництво було завершено в 2019 році в рамках реалізації програми з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Станом на 8.00 15 лютого 2025 року на промайданчику ЧАЕС зафіксовані показники радіаційного фону залишалися в межах норми і становили 0,57 мкЗв/год, що не перевищувало допустимих значень[2, 3].

Ситуація постійно перебувала під контролем. Верхолази ДСНС проводили роботи з часткового розкриття конструкцій укриття та ліквідації тління. Щоб постійно контролювати ситуацію та виявити можливі осередки, використовували безпілотники з тепловізорами та ручні тепловізори.

Радіаційний фон залишався без змін. Виходу радіоактивних речовин не зафіксовано.

8 березня 2025 року ліквідацію наслідків удару російського БпЛА на об'єкт “Укриття” ЧАЕС завершено. Проте, моніторинг стану об'єкту продовжував тривати [2,3].

### **2.3. Ядерний тероризм на території Запорізької АЕС та інших підконтрольних Україні АЕС**

Запорізька атомна електростанція, розташована на південному сході України, є найбільшою атомною електростанцією в Європі та входить до 10 найбільших у світі. Вона була побудована в часи СРСР поблизу міста Енергодар, на південному березі Каховського водосховища на річці Дніпро. Її експлуатує державна НАЕК «Енергоатом», яка також управляє іншими трьома атомними електростанціями України.

3 березня 2022 року, о 23:28 за місцевим часом, до електростанції під'їхала колона з 10 одиниць російської бронетехніки та двох танків і розпочався бій. З 4 березня 2022 року Запорізька АЕС окупована росією. Людство до цього часу не знало жодного прикладу військового захоплення АЕС. Руйнування інфраструктури, небезпека для навколишнього середовища стали новою реальністю для працівників станції і місцевого населення [62].

Попередньо, щоб зменшити ризик, після початку російського вторгнення в Україну 24 лютого 2022 року, Енергоатом зупинив 5 і 6 енергоблоки, залишивши в роботі з 1 по 4 енергоблоки.

Працівники АЕС, які залишилися в окупації, продовжували робити все, аби забезпечити життєдіяльність станції та підтримувати безпечну роботу об'єкта.

Втім, через дії некомпетентної окупаційної адміністрації, Запорізька АЕС за майже три роки повномасштабної війни пережила 8 повних знеструмлень, що створює загрозу для охолодження ядерних реакторів [2,3].

4 березня 2022 року російська корпорація "Росатом" оголосила про привласнення ЗАЕС, намагаючись організувати електропостачання з неї на окуповані території. Увесь персонал по прибутті на станцію ретельно перевірявся озброєними терористами. Український персонал станції піддався викраденням, вбивствам та нелюдському поводженню, що збільшило ризик ядерних інцидентів і аварій.

На станції були присутні співробітники МАГАТЕ, проте переговори про демілітаризацію території не досягли успіху.

26 квітня 2022 року дві російські крилаті ракети пролетіли на низькій висоті над майданчиком Запорізької АЕС у напрямку Запоріжжя. В Енергоатомі цю подію кваліфікували як ядерний тероризм, що наражає світ на небезпеку повторення ядерної катастрофи.

5 липня 2022 року The Wall Street Journal повідомила, що російські війська облаштувала в комплексі АЕС військову базу, розгорнувши важку самохідну реактивну систему залпового вогню БМ-30 «Смерч».

5 серпня російські війська вчинили обстріл поблизу промислового майданчику АЕС та влучили у високовольтну лінію зв'язку 330 кВ Запорізької ТЕС.

6 серпня 2022 року МАГАТЕ повідомило, що один із трьох реакторів АЕС, що залишилися в роботі, був відключений від мережі та спрацювала система аварійного захисту.

8 серпня повідомили про пошкодження станції. Українська влада заявила, що російський обстріл пошкодив три радіаційні датчики, а одного працівника госпіталізували.

Генеральний секретар ООН Гутерріш заявив, що «будь-яка атака на атомну станцію є самогубством», закликавши надати доступ інспекторам МАГАТЕ.

Енергоатом закликав створити демілітаризовану зону навколо АЕС із розміщенням міжнародних миротворців [2,3].

9 серпня глава Енергоатому заявив, що росія планує відключити станцію від української мережі та під'єднати її до російської.

ЗАЕС припинила виробництво електроенергії для української мережі у вересні 2022 року, але з жовтня 2022 року залишала принаймні один із шести своїх енергоблоків у гарячому стані для забезпечення централізованого опалення, а також технологічної пари для обробки рідких відходів на майданчику.

Після того як станція на початку 2024 року запустила в роботу чотири нещодавно встановлені дизельні парогенератори для виробництва пари для переробки таких відходів, як рекомендовано МАГАТЕ, реакторний блок №4 залишився у гарячому режимі, перш за все, щоб допомогти зберегти тепло в Енергодарі. П'ять інших реакторів були в режимі холодного зупину, і тепер до них приєднався блок №4.

Під час холодного зупину, якщо відведення тепла переривається з будь-якої причини, існує додатковий запас реагування в кілька днів. У холодному режимі реактор також потребує менше води для охолодження, ніж під час гарячого зупину. А ця проблема стала більш складною після руйнування Каховської дамби внизу за течією в червні 2023 року.

Утім у МАГАТЕ зазначають, що ситуація на станції залишається вкрай нестабільною. Адже фіксуються удари безпілотниками.

Майже катастрофічну ситуацію спричинив підрив росіянами Каховської ГЕС. Запорізька АЕС втратила основне джерело охолоджувальної води для своєї гідротехнічної системи. Рівень води у ставку-охолоджувачі ЗАЕС поступово знижується і станом на 17 березня 2025 року становить 14,12 метра. Рівень води в “гарячому” каналі Запорізької ТЕС, звідки за необхідністю підживлюється ставок ЗАЕС - 16,55 м. У “холодному” каналі ЗаТЕС рівень води сягає відмітки 10,62 м.

НАЕК “ЕНЕРГОАТОМ” щотижнево інформує громадськість про рівень води у ставку-охолоджувачі Запорізької АЕС (ДОДАТОК Ж).

А одна з найбільших наразі проблем полягає в тому, що спливає дозволений виробником (Westinghouse) шестирічний термін перебування ядерного палива в реакторах ЗАЕС.

Окрім Запорізької АЕС, інші АЕС також постійно перебувають у зоні ризику.

Так, в ніч проти 19 вересня 2022 року, російська ракета вдарила приблизно за 300 метрів від Південноукраїнської АЕС. У результаті обстрілу ударна хвиля пошкодила вікна в приміщеннях та будівлях навколо місця прильоту цієї ракети. ракета пошкодила лінії електропередач на 150 кіловольт, 35 кіловольт та 10 кіловольт. Відбулось відключення лінії електропередач, тому працівники станції діяли згідно з чинними інструкціями.

Ядерні реактори станції захищені залізобетонною оболонкою — контейнментом. Кожен з них теоретично розрахований на падіння літака, однак, спрогнозувати наслідки влучання ракети в реактор неможливо.

За оцінками військових фахівців вирву на АЕС залишила ракета типу "Іскандер". Якби було влучання в герметичну захисну оболонку реактора, то ракета потрапила б в басейн відпрацьованого ядерного палива та могла б спричинити витік радіації з подальшими наслідками для України.

В цей же день було проведено екстрене засідання Оперативного центру із реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я в ДУ “Миколаївський ОЦКПХ МОЗ” проаналізовано ситуацію та ризики для громадського здоров'я, посилено проведення радіаційного контролю фахівцями Вознесенського районного відділу, на території якого знаходиться АЕС. Дані про вимірювання гамма-фону за 19-21 вересня 2022 року в м. Південноукраїнськ наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

| <i>№ з/п</i> | <i>Дата</i> | <i>Час</i> | <i>Показник</i> | <i>Одиниця вимірювання</i> |
|--------------|-------------|------------|-----------------|----------------------------|
| 1.           | 19.09.2022  | 08.00      | 0,11            | мкЗв/год                   |
| 2.           | 19.09.2022  | 13.00      | 0,12            | мкЗв/год                   |
| 3.           | 19.09.2022  | 17.00      | 0,11            | мкЗв/год                   |
| 4.           | 20.09.2022  | 08.00      | 0,10            | мкЗв/год                   |
| 5.           | 20.09.2022  | 13.00      | 0,11            | мкЗв/год                   |
| 6.           | 20.09.2022  | 17.00      | 0,11            | мкЗв/год                   |
| 7.           | 21.09.2022  | 08.00      | 0,12            | мкЗв/год                   |
| 8.           | 21.09.2022  | 13.00      | 0,11            | мкЗв/год                   |
| 9.           | 21.09.2022  | 17.00      | 0,11            | мкЗв/год                   |

В ході моніторингу було встановлено, що всі енергоблоки працювали у штатному режимі, радіаційний фон на промисловому майданчику перебував на рівні природних фонових значень, які було заміряно до пуску АЕС. Викиди та скиди радіоактивних речовин у навколишнє середовище не перевищували допустимих значень.

07-09 листопада 2022 року на ВП “Південноукраїнська АЕС” було успішно проведено інспекцію Міжнародного агентства з атомної енергії в рамках Угоди між Україною та МАГАТЕ відповідно до договору про нерозповсюдження ядерної зброї. Метаю інспекції була перевірка відсутності незаявленого ядерного матеріалу.

4 серпня 2024 року внаслідок складних перехідних режимів, що сталися через ворожі обстріли інфраструктури Укренерго, і супроводжувалися значними коливаннями параметрів мережі (частота, напруга, струм), для якого були під’єднані енергоблоки. В роботі одного з енергоблоків Південноукраїнської АЕС виявлено зауваження і блок був розвантажений на 33% від номінальної потужності[2,3]

На початку грудня 2024 року за три кілометри від Південноукраїнської АЕС МАГАТЕ зафіксовано проліт 17 ударних дронів.

13 грудня 2024 року за повідомленням моніторингової групи МАГАТЕ, що перебувала на Південноукраїнській АЕС на відстані 300 метрів від станції було помічено проліт військових об'єктів, що загрожує ризиками під час військових дій.

В ніч з 24 на 25 жовтня 2023 року, РФ атакувала Україну ударними безпілотниками "Шахед" територію поблизу Хмельницької АЕС. Уламки збитих апаратів пошкодили будівлі в місті супутнику Хмельницької АЕС – Нетішин та сусідній Славуті. Травми отримали 18 громадян.. При цьому пошкодження отримали і два корпуси самої атомної станції. Владою було розгорнуто оперативний штаб для ліквідації наслідків атаки.

В кінці листопада 2024 року багато міст України зазнали масованого ракетного удару, серед них Київ, Одеса, Миколаїв, Кривий Ріг, Павлоград, Вінниця, Рівне. І хоча атаки не були спрямовані безпосередньо на АЕС, вони спричинили зменшення потужностей АЕС.

Ударами біля атомних станцій РФ намагається створити “блекаут” для України. Періодично після нових атак на енергетичну інфраструктуру країни доводиться знижувати виробництво електроенергії.

Ціллю є трансформаторні підстанції, через які видаються потужності АЕС в енергосистему. Таким чином можна нашкодити і енергосистемі і самій станції, не влучаючи в неї.

Тому, кожна атака російських збройних сил на ядерні об'єкти України, в тому числі й обстріл Південноукраїнської АЕС, повинні сприйматися світовою спільнотою як акт ядерного тероризму.

У випадку виникнення аварійної ситуації, АЕС сповіщує та в подальшому інформує функціональні й територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту, класифікує подію, оцінює радіаційну ситуацію, прогнозує розвиток та динаміку змін радіаційного стану. Основними цілями аварійного реагування є відновлення контролю над ситуацією та пом'якшення її наслідків, порятунк життя людей, запобігання або зведення до мінімуму радіобіологічних наслідків.

У разі виникнення аварійних ситуацій, особи, що проживають на території аварії та аварійно-рятувальний персонал потенційно може зустрітися з відкритими джерелами іонізуючого випромінювання, і відповідним чином має бути підготовленим та мати чітко розроблений алгоритм поведінки:

- мати й уміти використовувати індивідуальні засоби захисту;
- притримуватися заходів особистої безпеки;
- здійснювати медико-профілактичні процедури.

### **Ризики, у разі ядерної аварії на атомній електростанції**

Основними факторами радіаційного впливу у випадку ядерної аварії на атомній електростанції (що є актуальним на даний час для України) є  $\beta$ - та  $\gamma$  - випромінювання продуктів поділу. При надходженні радіоактивних речовин до організму, внесок у дозу  $\alpha$ - випромінювачів дуже малий і практично не враховується. Під час надходження у навколишнє природне середовище тільки радіоактивних благородних газів (криптону і ксенону) радіаційна небезпека обумовлена лише зовнішнім опроміненням від проходження радіоактивної хмари.

На ранній фазі аварії основний вклад у дозу опромінення обумовлений надходженням усіх радіоізотопів йоду з повітря. Тому доза зовнішнього опромінення від радіоактивної хмари може бути у 100 разів меншою від дози опромінення щитовидної залози.

На середній фазі аварії радіаційний стан на території навколо реактора та ступінь радіаційної небезпеки для населення обумовлюється кількістю та радіонуклідним складом викиду, відстанню від джерела аварійного викиду до населених пунктів, метеорологічними, гідрологічними та ґрунтовими характеристиками території, порою року, характером сільськогосподарського використання території, водопостачання та харчування населення. На цій фазі запроваджуються необхідні обмеження життєдіяльності населення та заходи його захисту.

На пізній фазі, тривалість якої залежить від періоду напіврозпаду основних дозоутворюючих радіонуклідів, поступово ці обмеження відміняються (частково або повністю).

В результаті аварійного викиду в атмосферу можливі такі види радіаційного впливу:

- зовнішнє опромінення від надходження радіоактивної хмари;
- внутрішнє опромінення від вдихання радіоактивних аерозолів продуктів поділу (інгаляційна небезпека);
- контактне опромінення внаслідок радіоактивного забруднення відкритих ділянок шкіри та одягу;
- зовнішнє опромінення, обумовлене радіоактивним забрудненням поверхні ґрунту, будівель, споруд, тощо;
- внутрішнє опромінення від споживання забруднених продуктів харчування та води.

### **Місії МАГАТЕ в Україні.**

З метою моніторингу стану безпеки на українських АЕС в умовах військової агресії РФ в Україні розпочали місії МАГАТЕ на АЕС.

Головним завданням постійної місії на українських АЕС є спостереження за станом семи обов'язкових стовпів безпеки та захищеності, які опинилися під загрозою з початком повномасштабного вторгнення в Україну.

Іноземні фахівці є експертами з ядерної безпеки та фізичного захисту. Програма їх перебування передбачає спостереження, обходи, огляди, наради та інтерв'ювання персоналу АЕС. Кожна місія триває 3 тижні. Станом на травень 2025 року вже відбулися 42 ротації місії МАГАТЕ.

З вересня 2022 року на Запорізькій АЕС постійно працює спостережна місія МАГАТЕ, проте російські окупанти не дозволяють експертам агентства отримати повний доступ до всіх зон ЗАЕС [2,3].

Присутність міжнародних спостерігачів на АЕС є важливим елементом прозорості та підкреслює високі стандарти безпеки, яких дотримується Україна. Окрім того, місії документують усі випадки прольотів російських безпілотників та ракет поблизу атомних станцій. Це також стримує РФ від злочинних дій стосовно українських ядерних об'єктів.

## **Висновок до розділу 2**

Проаналізувала зовнішні та внутрішні загрози для об'єктів критичної радіологічної інфраструктури.

Щодо надійності персоналу, то компетентним органам варто розвивати культуру фізичної ядерної безпеки й забезпечувати, щоб персонал, відповідальний за експлуатацію приладів виявлення, атестувався як благонадійний, що має належну підготовку й володіє відповідною кваліфікацією й компетентністю, що необхідні для використання цього обладнання.

А також вивчила питання окупації російськими військами Чорнобильської АЕС в 2022 році та ядерний тероризм на території Запорізької АЕС та інших підконтрольних Україні АЕС.

Провела аналіз ситуації під час окупації Запорізької АЕС та ризики для інших підконтрольних Україні атомних електростанціях.

### **РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОТИДІЇ ЗАГРОЗАМ ЯДЕРНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОЇ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ (директиви, резолюції)**

#### **3.1 Пропозиції та рекомендації міжнародних інституцій щодо протидії загрози ядерного забруднення у світі та в Україні**

Станом на зараз, в 30 країнах світу експлуатується 449 ядерних реакторів, тому їх безпека має велике значення для людства.

До того ж, після Гаазького саміту Великої сімки, що проходив у березні 2014 року, після виключення РФ, була активізована робота в рамках Ініціативи Групи Семи “Глобальне партнерство проти розповсюдження зброї та матеріалів масового знищення”.

У грудні 2023 року на конференції зі зміни клімату COP 28, понад 20 країн оголосили “ядерний ренесанс”, підписавши спільну декларацію про потроєння потужностей ядерної енергетики до 2050 року. Декларацію, яка передбачає введення в експлуатацію додаткових 740 ГВт атомних потужностей, підписали США, Болгарія, Канада, Чехія, Фінляндія, Франція, Гана, Угорщина, Японія, Республіка Корея, Молдова, Монголія, Марокко, Нідерланди, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Швеція, Україна, Об’єднані Арабські Емірати та Велика Британія.

При підготовці іноземних армій до війни, першочергова увага приділяється підготовці до дій в умовах застосування ядерної зброї. Війська інтенсивно готуються до уміння діяти на місцевості, що зазнала впливу вражаючих чинників ядерної зброї: світлового випромінювання, ударної хвилі, проникаючої радіації, радіаційного забруднення місцевості та електромагнітного імпульсу. Тому досвід іноземних армій вивчається і в Україні, особливо з лютого 2022 року.

З початку повномасштабного вторгнення, Україна постійно закликає міжнародну атомну спільноту вжити усіх можливих заходів для припинення

ядерного тероризму з боку рф. Оскільки дії російських окупантів загрожують не тільки Україні, а й усьому світу.

Зробивши українські АЕС своїми військовими цілями, Росія порушила норми міжнародного права про мирне використання атомної енергії. Заходи, що потрібно вжити задля безпеки атомних електростанцій України та мирного населення: визнати військові дії рф відносно ядерних об'єктів України як акт ядерного тероризму, а рф країною – ядерним терористом; обмежити доступ рф до новітніх ядерних технологій; повністю скасувати співпрацю з рф у ядерній сфері; виключити рф, а також всіх представників рф з органів управління.

5 березня 2022 р. на адресу Європейської комісії надіслано спільне звернення Міністра енергетики України та очільників АТ “НАЕК “Енергоатом” і Державної інспекції ядерного регулювання України стосовно організації спеціальної комісії Євросоюзу для забезпечення безпеки ядерних об'єктів в Україні, включаючи збір фактів та документування всіх злочинів рф для майбутніх судових проваджень. При цьому, Європейська комісія висловила готовність підтримати ядерну галузь України під час військової агресії рф. [2].

11 липня 2024 року Україна винесла на розгляд Генеральної асамблеї ООН проєкт резолюції «Безпека та захищеність ядерних об'єктів України, включаючи Запорізьку АЕС».

А також на Саміті миру, що проходив у Швейцарії в липні 2024 року, питання захищеності ядерних об'єктів на території України, зокрема Запорізької АЕС, обговорювалося з президентами інших країн та головами міжнародних організацій.

В проєкті документа на Саміті наголошувалося, що будь-яке використання ядерної енергії та ядерних установок має бути безпечним, захищеним, надійно охоронятися та не шкодити довкіллю, а українські атомні електростанції та установки, зокрема Запорізької АЕС, мають залишатися під повним суверенним контролем України відповідно до принципів МАГАТЕ.

Від самого початку війни, Міжнародне агентство з атомної енергії надавало підтримку Україні, необхідну для забезпечення безпеки 15 діючих реакторів на

чотирьох атомних станціях, зокрема — на АЕС у Запоріжжі, яка є найбільшою в Європі.

За словами генерального секретаря ООН Антоніу Гутерреш, вони продовжують закликати всі сторони до якнайскорішого погодження та запровадження безпекової зони на Запорізькій атомній електростанції, аби запобігти серйозним пошкодженням, наслідки яких можуть стати катастрофічними.

Завуальовані загрози застосування ядерної зброї в контексті конфлікту підвищили ядерні ризики до рівня, якого не існувало з найтемніших часів холодної війни.

У своєму виступі 24 вересня 2024 року, Генеральний секретар ООН Антоніу Гутерреш наголосив, що останніми тижнями спостерігається відродження небезпечної риторики та інцидентів навколо ядерних об'єктів — зокрема на Запорізькій атомній електростанції, а також на Курській атомній електростанції в Російській Федерації. І присутність Міжнародного агентства з атомної енергії, є дуже важливим на ядерних об'єктах України з метою підтримання ядерної безпеки [4].

26 травня 2022 р. 75-а сесія ВООЗ схвалила ініційований Україною проєкт резолюції стосовно надзвичайної ситуації у сфері охорони здоров'я України, спричиненої агресією російської федерації (WHA75.11). Співавторами документа стала 51 держава (26 країн ЄС, США, Велика Британія, Канада, Австралія, Норвегія, Японія, Республіка Корея, низка країн Латинської Америки тощо).

14 вересня 2022 року під час таємного голосування на 72-й сесії Європейського регіонального комітету ВООЗ (ЄРК ВООЗ): Україну номіновано до складу Виконавчої ради ВООЗ від субрегіональної групи «С» ЄРК ВООЗ на трирічний термін (з травня 2023 року до травня 2026 року) для подальшого обрання на 76-й сесії ВООЗ, яка 26 травня 2023 р. схвалила рішення, яким затвердила нових членів Виконавчої ради ВООЗ (Австралія, Барбадос, Камерун, Коморські Острови, Корейська Народно-Демократична Республіка, Лесото,

Катар, Швейцарія, Того, Україна). Україну обрано до складу Постійного комітету ЄРК ВООЗ від субрегіональної групи «С» ЄРК ВООЗ на трирічний термін (з вересня 2022 до вересня 2025 року) [8].

24 травня 2023 р. 76-а сесія ВООЗ схвалила ініційоване Україною рішення «Надзвичайна ситуація у сфері охорони здоров'я України та країн, які розміщують та приймають біженців, спричинена російською агресією», ініційованого Україною та 44 співавторами (26 країн ЄС, США, Велика Британія, Канада, Австралія, Норвегія, Японія, Республіка Корея тощо).

Рішення продовжує дію минулорічної резолюції ВООЗ, яка засуджує російську агресію, а також передбачає посилену допомогу Україні для подолання наслідків для сфери охорони здоров'я [8].

Міжнародні організації здійснюють моніторинг за станом радіаційної/ядерної безпеки на території України. Так, з моменту деокупації, Greenpeace здійснив кілька місій на Чорнобильську АЕС. На запрошення України для документування російських злочинів проти довкілля, було обстежено російські окопи у липні 2022 року. Також було здійснено місію до об'єкта «Укриття» у вересні та листопаді 2024 року.

Подію, що сталася 14 лютого 2025 року при потраплянні російського безпілотної по об'єкту «Укриття» зафіксовано експертами постійної моніторингової місії МАГАТЕ, що на постійній основі перебувають на майданчику ЧАЕС.

Після цієї події, ізраїльська біотехнологічна компанія Pluri підписала угоду з українським банком пуповинної крові Гемафонд про співпрацю у підготовці до можливих радіаційних інцидентів.

Pluri розробила клітинну терапію PLX - R18, засновану на стовбурових клітинах плаценти, яка здатна лікувати гемопоетичний гострий радіаційний синдром (H-ARS) - важке ураження організму, що виникає при сильному опроміненні. Стан смертельно небезпечний: без лікування людина може померти через 4-8 тижнів. За умовами угоди:

- Pluri поставить Україні 12000 доз препарату (достатньо для лікування 6000 осіб).
- Препарат зберігатиметься та розподілятиметься Гемафондом.
- Ведуться плани щодо клінічних випробувань та реєстрації PLX - R18 в Україні.
- Потенційна вартість співпраці - понад 100 млн доларів.

Pluri використовує запатентовану 3D-біореакторну технологію для масштабного виробництва терапевтичних клітин. Одна плацента дає змогу лікувати до 20000 пацієнтів. Препарат уже протестовано на тваринах і людях, демонструючи збільшення виживання від радіації до 97 %.

У США Pluri співпрацює з Пентагоном, розробляючи PLX - R18 у рамках 3-річного контракту на 4,2 млн доларів. Також препарат отримав статус орфанного від FDA, що дає можливість застосувати його у разі ядерної загрози.

Оскільки рф систематично запускає дезінформаційні кампанії, щоб неправдиво звинуватити Україну в атаках, які вона сама здійснила, важливу роль відіграє участь міжнародних організацій, таких як Greenpeace, МАГАТЕ у документуванні звинувачення України в атаках безпілотників на Запорізьку атомну електростанцію або підрив дамби в Новій Каховці у 2023 році.

#### Процедури та засоби деконтамінації.

У випадку радіоактивного забруднення персоналу, особового складу підрозділів, залучених до ліквідації радіаційної аварії, наслідків радіаційної аварії, їх техніки і засобів, постає питання щодо проведення заходів, направлених на зниження ураження людей. Таким заходом є проведення спеціальної обробки - деконтамінації, яка включає в себе проведення дезактивації та дегазації техніки, засобів індивідуального захисту та спорядження, а також санітарної обробки особового складу та персоналу.

Деконтамінація - процес проведення медико-санітарних заходів з метою усунення РХБ речовин з поверхні тіла людини, на продуктах спеціально виготовлених для споживання, на інших предметах, включаючи транспортні засоби, які можуть становити ризик для здоров'я населення.

Деконтамінація передбачає зменшення (видалення) з поверхні тіла і попередження розповсюдження РХБ речовин від контамінованих осіб і предметів. Комплекс цих заходів направлений на механічну очистку шкіри, слизових оболонок, відкритої рани у контамінованих осіб. Деконтамінація проводиться незалежно від наявності у постраждалого симптомів, які характерні для клінічної картини ураження РХБ речовинами.

Всі методи деконтамінації можна розділити на рідинні та безрідинні.

Рідинний - видалення радіоактивних речовин струменем води або парою.

Безрідинний - механічне видалення радіоактивних речовин: змивання, відсмоктування, здування, видалення зараженого шару.

Проведення робіт з дезактивації слід розпочинати якомога швидше після виявлення забруднення, оскільки зменшення часу контакту радіоактивних речовин з поверхнею зменшує ступінь фіксації забруднення та підвищує ефективність дезактивації.

Санітарна обробка забруднених радіоактивними речовинами осіб з аварійного персоналу та населення проводиться в стаціонарних обмивочних пунктах, банях, душових кімнатах чи на спеціально підготовлених майданчиках [23, 24].

З початку 2022 року до програми медичних гарантій Національної служби здоров'я України входить пакет медичних послуг "Готовність до надання медичної допомоги в умовах поширення інфекційних захворювань, епідемій та в інших надзвичайних ситуаціях", завданнями яких у тому числі передбачено надання медичної допомоги постраждалим внаслідок радіаційної аварії. В 2025 році, за сприяння Міністерства охорони здоров'я України та ВООЗ, частина з цих закладів охорони здоров'я, отримали деконтамінаційні намети, які мають використовувати у разі хімічної або радіаційної загрози (ДОДАТОК К).

З метою підвищення спроможності України до реагування на ядерні загрози під час повномасштабного вторгнення РФ, завдяки підтримці міжнародних партнерів значно покращилася ситуація із забезпеченням служб аварійного реагування приладами радіаційної розвідки та дозиметричного контролю, які призначені для:

- виявлення радіоактивного забруднення;

- вимірювання рівня радіації з метою визначення допустимого часу перебування людей у забрудненій зоні, а також меж і шляхів обходу забрудненої зони;
- вимірювання ступеню забруднення різних поверхонь з метою визначення потреби їх дезактивації та санітарної обробки;
- вимірювання ступеню забруднення продуктів харчування і води з метою встановлення можливості їх споживання;
- вимірювання доз опромінення людей.

А також для українських фахівців проводяться різнопланові навчальні тренінги, польові навчання для відпрацювання практичних навичок в умовних сценаріях. Наприклад Центр радіаційної екстреної допомоги/навчальний майданчик REAC/TS/, ВООЗ та інші (ДОДАТОК Л).

### **3.2 Пропозиції та рекомендації щодо протидії загрози ядерного забруднення на рівні регіонів**

В кожному регіоні України розробляються Регіональні плани реагування на надзвичайні ситуації, у тому числі радіаційного/ядерного характеру.

Для забезпечення заходів реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я, в обласних центрах контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України функціонує відділ готовності та реагування на надзвичайні ситуації, Оперативний центр із реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я та групи оперативного реагування (радіаційного спостереження і дозиметричного контролю).

На щотижневих засіданнях Оперативного центру здійснюється огляд подій, що можуть нести загрозу у сфері громадського здоров'я, визначається оцінка ризиків, прогнозування та відповідні заходи реагування. У тому числі аналізуються показники радіаційного фону у визначених контрольних точках області.

З метою посилення спроможності щодо оперативного та ефективного реагування на небезпечні події та надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я, наприклад в ДУ «МИКОЛАЇВСЬКИЙ ОЦКПХ МОЗ» розроблені Стандартні операційні процедури (далі - СОП):

- СОП «Схема реагування на радіаційну небезпеку»;
- СОП «Активація та процеси перед розгортанням групи оперативного реагування»;
- СОП «Розгортання груп оперативного реагування»;
- СОП «Дії після розгортання груп оперативного реагування»;
- СОП «Моніторинг, оцінка та планування вдосконалення»;
- СОП «Навчання груп оперативного реагування».

Аналіз дотримання СОП здійснюється при проведенні імітаційних навчань.

На регіональному рівні затверджено спільний наказ від 22.03.2024 № 118-Л/100/227 «Про затвердження Плану реагування на надзвичайні ситуації у сфері медичного захисту населення та санітарного та епідеміологічного благополуччя населення Миколаївської області» де визначена взаємодія регіональних служб:

- Державної установи «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України»;
- Головного управління ДСНС України у Миколаївській області;
- Управління охорони здоров'я Миколаївської обласної військової адміністрації;
- КНП «Миколаївський обласний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф» МОР;
- Державний заклад «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф Міністерства охорони здоров'я України».

Для періодичної оцінки готовності до заходів швидкого реагування на надзвичайні ситуації, відповідно до розробленого плану, фахівцями відділу готовності та реагування на надзвичайні ситуації, проведено імітаційні навчання щодо реагування на НС обласного або об'єктового рівнів за участі фахівців Оперативного центру із реагування на надзвичайні ситуації та груп оперативного реагування відповідного профілю, а також відпрацювання питань взаємодії з представниками ДСНС, МВС, органів місцевого самоврядування, ЦОВВ та інших зацікавлених сторін, що залучаються до реагування на НС та ліквідації її наслідків.

Імітаційні навчання щодо реагування на радіаційні/ядерні загрози були проведені відповідно до рекомендацій ВООЗ, інших міжнародних організацій та запроваджувався передовий міжнародний досвід (з підготовкою концептуальної записки, піраміди Ганта, тестуванням СОПів та планів реагування, аналізу вжитих заходів реагування). Після завершення імітаційних навчань, проводилося групове обговорення всіма учасниками, визначалися сильні сторони та прогалини в реагуванні, підготовлено звіти з подальшими заходами удосконалення.

27 квітня 2023 року - імітаційні (функціональні) навчання щодо відпрацювання порядку дій фахівцями ДУ «Миколаївський ОЦКПХ МОЗ» та відокремлених структурних підрозділів, у разі виникнення аварії на ВП «Південноукраїнська АЕС». Оцінка готовності та механізмів реагування, визначення сфер для вдосконалення.

[https://mocdc.mk.ua/news/27-kvitnya-2023-roku-provedeno-imitacijni-navchannya/?fbclid=IwY2xjawKdbzNleHRuA2FlbQIxMQABHrbACIEkxpMa2PsrANpzoE9714MkPLoORKRN4rL9z0V0hoQ8f8V\\_wDO\\_-RaS\\_aem\\_cKAamk1NSAq4Bkf3C8IHmA](https://mocdc.mk.ua/news/27-kvitnya-2023-roku-provedeno-imitacijni-navchannya/?fbclid=IwY2xjawKdbzNleHRuA2FlbQIxMQABHrbACIEkxpMa2PsrANpzoE9714MkPLoORKRN4rL9z0V0hoQ8f8V_wDO_-RaS_aem_cKAamk1NSAq4Bkf3C8IHmA)



Рис. 3.1 - Фото з функціональних імітаційних навчань (квітень 2023)

29-30 червня 2023 - участь у позапланових штабних тренуваннях «Аварійна ситуація на Запорізькій АЕС», де відпрацьовані питання взаємодії,

інформування, активації Оперативного центру, груп оперативного реагування (радіаційного спостереження і контролю) та інше.

17 серпня 2023 - участь у багатоступневих командно-штабних навчаннях з органами управління та силами цивільного захисту територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту Миколаївської області у разі виникнення радіаційної аварії на ВП «Південноукраїнська АЕС», де відпрацьовувалися питання міжвідомчої взаємодії в умовах реального часу.

Були відпрацьовані організаційні та практичні заходи відповідно до ввідної для забезпечення захисту населення та територій області у змодельованих умовах відповідно до повноважень (Рис. 3.2)



Рис. 3.2 - Фото з багатоступневих командно-штабних навчань (серпень 2023)

Участь у командно-штабному тренуванні державного рівня за участі міжнародних партнерів, з реагування на застосування зброї масового знищення (ядерної зброї) на території України. «Організація та проведення дозиметричного контролю опромінення населення»; «Проведення радіаційного контролю забруднення довкілля, питної води та продуктів харчування»; «Обмеження та заборона вживання питної води та продукції сільського господарства, забруднених радіоактивними речовинами, організація постачання питної води та продуктів харчування для населення, яке тимчасово залишається в зонах радіоактивного забруднення».

20 березня 2024 року - імітаційні (функціональні) навчання щодо реагування на надзвичайну ситуацію радіаційного характеру за участю ЦКПХ та відокремлених структурних підрозділів.

Під час навчань відпрацьовано збір персоналу, робота Оперативного центру із реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я, механізми реагування, міжсекторальна співпраця та удосконалено практичні навички використання засобів індивідуального захисту, користування дозиметричними приладами у разі виникнення радіаційної аварії.

<https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02L8oB5a4XqDpCFcpGFWrGV3N3uFm8tMEUUKFPSDSWrrEdKCpbosQkGALaxUthHHxl>

12 грудня 2024 в ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» проведено планові імітаційні навчання щодо реагування на надзвичайну ситуацію радіаційного характеру.

Під час навчань відпрацьовані механізми реагування, удосконалено практичні навички використання засобів індивідуального захисту, користування дозиметричними приладами, відбору проб з об'єктів довкілля у разі виникнення радіаційної небезпеки.

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02UFqTfGFrCVkpVWoUQTb3NyuyLkTfQy9oGge2Sd94tra9nvD5dTVnvfggosxcvkhSl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02UFqTfGFrCVkpVWoUQTb3NyuyLkTfQy9oGge2Sd94tra9nvD5dTVnvfggosxcvkhSl?locale=uk_UA)

А також було проведено низку навчань щодо заходів швидкого реагування, які вказані вище у апробації.

Актуальність контролю радіаційного фону території визначається сучасним доволі хитким станом з окупацією Запорізької АЕС, можливими атаками на Південноукраїнську АЕС та/або аваріями на АЕС і пов'язаними з цим ризиками техногенної катастрофи з наступним викидом у довкілля радіонуклідів. З урахуванням зазначеного прогнозу на території Миколаївщини може виникнути складна радіаційна ситуація, наслідки якої вимагатимуть від органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, на які покладено виконання завдань щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, оперативного реагування та дій.

Вказані фактори обумовлюють необхідність постійного вивчення й дослідження радіоактивного забруднення території міста та стану здоров'я населення м. Миколаєва та Миколаївської області.

Контроль радіаційного фону виконується шляхом виконання вимірювань потужності еквівалентної дози (ПЕД) гамма-випромінювання дозиметрами, дозиметрами-радіометрами.

Випромінювання іонізуюче (електромагнітне, корпускулярне) - випромінювання, що при взаємодії з речовиною безпосередньо або непрямо викликає іонізацію та збудження її атомів і молекул.

Гамма-випромінювання - електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі  $< 0,1 \text{ нм}$ , що виникає при розпаді радіоактивних ядер, переході ядер із збудженого стану в основний, взаємодії швидких заряджених частинок з речовиною, анігіляції електронно-позитронних пар, тощо.

Дозиметр – це прилад, який фіксує потужність радіоактивного випромінювання, або для вимірювання дози або потужності дози іонізуючого випромінювання, отриманої приладом (і тим, хто ним користується) за деякий проміжок часу, наприклад, за період перебування на деякій території або за робочу зміну.

Контроль дозиметричний - вимір потужності доз випромінювання у місцях життєдіяльності людини, визначення еквівалентних і ефективних, очікуваних, накопичених, індивідуальних та колективних доз опромінення від різних джерел іонізуючого випромінювання, які співвідносять з встановленими нормативами і контрольними рівнями.

Потужність поглиненої у повітрі дози - доза, що поглинена в одиниці об'єму повітря за одиницю часу. Зіверт (Зв) - одиниця еквівалентної та ефективної дози в системі СІ. Позасистемна одиниця - бер.  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ . Рентген (Р)- позасистемна одиниця експозиційної дози.  $1 \text{ Р} = 0,00873 \text{ Гр}$ . Пов'язаний з одиницею SI цієї величини наступним чином:  $1 \text{ Р} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ . В рентгенах вимірюється експозиційна доза фотонного випромінювання.

Вимірювання рівнів ПЕД здійснюється детектором на основі газорозрядного лічильника Гейгера-Мюллера, шляхом перетворення фотонного випромінювання в послідовність імпульсів напруги, кількість яких за одиницю часу пропорційна інтенсивності випромінювання, що реєструється.

При виконанні вимірювань ПЕД застосовують дозиметри, дозиметри-радіометри: МКС-05 «ТЕРРА», РКС-01 СТОРА-АБГ, МКС-11ГН «СПЕКТРА», ДБГ-01Н, і аналогічні з нижньою межею діапазону вимірювань не більше 0,10 мкЗв/год (10 мкР/год.).

На виконання доручення Міністерства охорони здоров'я України, фахівцями ДУ «Миколаївський ОЦКПХ МОЗ» починаючи з 24 лютого 2022 року, тричі на добу здійснювався щоденний моніторинг за радіаційним станом у 5 визначених контрольних точках Миколаївської області (м. Миколаїв, м. Южноукраїнськ, м. Первомайськ, м. Очаків, м. Баштанка). Протягом даного періоду, радіаційний фон був у межах довгострокових природних показників, характерних для Миколаївської області і становив в межах 0,10 – 0,16 мкЗв/год.

Вимірювання проводяться на відстані 1м. від поверхні землі. Це своєрідний стандарт пов'язаний з геометрією та співвідношенням бета та гамма-випромінювання, а також з розміщенням найбільш чутливих органів людини.

Точка розміщена на віддалі 10м від існуючих будинків, споруд та дорожнього покриття, а також дерев.

Дозиметр при проведенні вимірювань повинен бути направлений лічильником вниз до поверхні землі.

В точці вимірювання знімається три показники, з яких вираховується середнє арифметичне значення потужності дози.

Радіаційно-дозиметричний контроль екологічного стану навколишнього природного середовища та опромінення персоналу і населення є невід'ємною складовою частиною системи контролю радіаційної безпеки, як у масштабах окремих територій, так і в цілому по Україні.

Моніторинг повітряного середовища обов'язковий у всіх тих випадках, коли в нормальних чи аварійних умовах можливо інгаляційне надходження радіонуклідів, що призводить до річної ефективної дози понад 1 мЗв.

В 2024 році проведено 16860 вимірів гамма-фону території Миколаївської області, в т.ч. 3384 вимірювань гамма-фону м.Миколаєва. Узагальнені результати досліджень наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

**Результати вимірювань потужності поглиненої у повітрі дози  
гамма-випромінювання на відкритій місцевості, мкР·год<sup>-1</sup>**

| Населений пункт        | Кількість<br>вимірювань | Середнє | Мінімальне | Максимальне |
|------------------------|-------------------------|---------|------------|-------------|
| 1                      | 2                       | 3       | 4          | 5           |
| <b>м.Миколаїв</b>      | <b>3384</b>             | 11,5    | 10,0       | 14,0        |
| <b>м.Южноукраїнськ</b> | <b>3369</b>             | 11,1    | 10,0       | 13,0        |
| <b>м.Очаків</b>        | <b>3369</b>             | 11,6    | 10,0       | 14,0        |
| <b>м.Первомайськ</b>   | <b>3369</b>             | 12,4    | 10,0       | 15,0        |
| <b>м. Баштанка</b>     | <b>3369</b>             | 11,9    | 10,0       | 15,0        |

Здійснювалося щоденне інформування ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України» та громадськості на офіційному вебсайті установи та фейсбук-сторінці (Рис. 3.3)

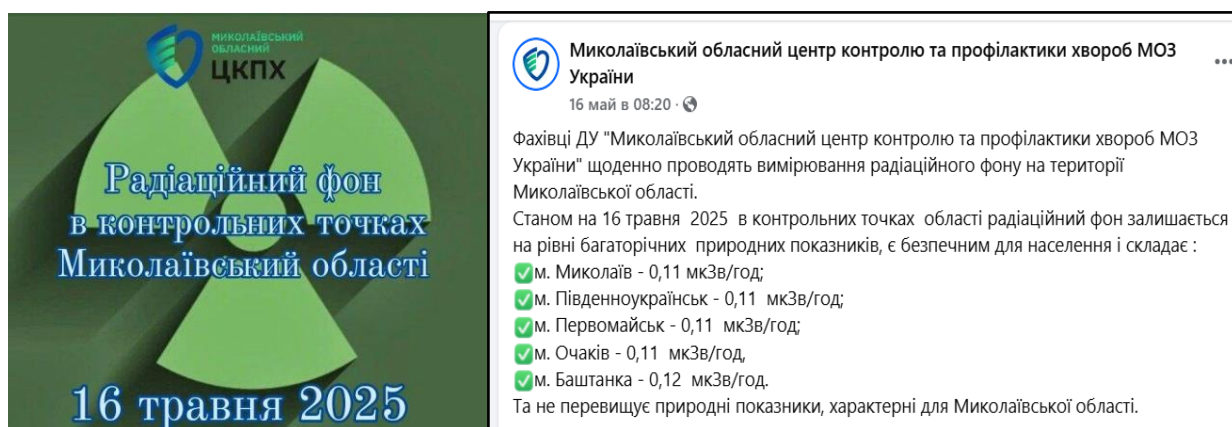


Рис. 3.3 - Щоденне інформування громадськості про стан радіаційного фону на території Миколаївської області

Фахівцями ДУ «Миколаївський ОЦКПХ МОЗ» в липні-серпні 2023 року для працівників екстреної медичної допомоги та закладів охорони здоров'я в Миколаївській області, які уклали із Національною службою здоров'я України договори про медичне обслуговування населення за програмою медичних гарантій за групою послуг «Готовність закладу охорони здоров'я до надання медичної допомоги в надзвичайних ситуаціях», було проведено навчання на тему: «Організація та проведення індивідуального дозиметричного контролю фахівців закладів охорони здоров'я в ліквідації радіаційних аварій» з відпрацюванням практичних навичок.

11 липня 2024 року з моніторинговим візитом відвідали ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України» представники Міжнародного навчального та освітнього центру охорони здоров'я Університету Вашингтона.

В ході візиту обговорили алгоритми реагування у разі виникнення надзвичайної ситуації, управління групами оперативного реагування з урахуванням регіональних особливостей та нагальні проблемні питання.

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02pGjtJrjEcFSQJC9jp8saBxqpk83Fd1dNzGYorasGkzRVPyG25uoS4r5kAw74PFjul?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02pGjtJrjEcFSQJC9jp8saBxqpk83Fd1dNzGYorasGkzRVPyG25uoS4r5kAw74PFjul?locale=uk_UA)

У відповідності до дорожньої карти розвитку спроможності груп оперативного реагування, 17 жовтня 2024 року в ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України» проведено навчально-практичний тренінг щодо використання спеціалізованого обладнання під час реагування на надзвичайні ситуації радіаційного, хімічного характеру та удосконалено використання засобів індивідуального захисту фахівцями груп оперативного реагування.

[https://www.facebook.com/al.ona.sonacna/posts/pfbid02P7hA3DUDb7cgK8N2xbaWtvkPQm2gQXGkQcDrmnX3jEPutvnSXDabVfbvmRr9B6L1l?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/al.ona.sonacna/posts/pfbid02P7hA3DUDb7cgK8N2xbaWtvkPQm2gQXGkQcDrmnX3jEPutvnSXDabVfbvmRr9B6L1l?locale=uk_UA)

6 грудня 2024 року в ДУ «Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України» проведено черговий навчально-практичний тренінг для Оперативного центру з реагування на

надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я та груп радіаційного спостереження і дозиметричного контролю.

Під час тренінгу опрацювали основні завдання та таблиць оснащення груп, удосконалили практичні навички з користування дозиметричними приладами, відпрацювали проведення індивідуального дозиметричного контролю та здійснення відбору проб з об'єктів довкілля для дослідження на радіологічні показники.

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02GSsSi8ZPTyKFZuKV53Eg1irV3qeXk9r99qvpiVEknnyZgBfjwSG5GikFooEVmYztl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02GSsSi8ZPTyKFZuKV53Eg1irV3qeXk9r99qvpiVEknnyZgBfjwSG5GikFooEVmYztl?locale=uk_UA)

На щотижневих засіданнях Оперативного центру реагування на надзвичайні ситуації у сфері громадського здоров'я ДУ "Миколаївський обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України" розглядаються питання санітарно-гігієнічного напрямку, зокрема моніторингові дані про стан атмосферного повітря, якості води та радіаційного гамма-фону у визначених контрольних точках області.

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02jQegXNFNdSwKvFCVmSPtHs1fb8pjTFtbLSn7hirta1jGVKEH7zErcmyjpESb6tnKl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid02jQegXNFNdSwKvFCVmSPtHs1fb8pjTFtbLSn7hirta1jGVKEH7zErcmyjpESb6tnKl?locale=uk_UA)

[https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid044pFg3iUhxXLsLW6AxGqgyN1ZpVqjMJ8MEENa7Bm7cGfSDGJGq9MojXY8pwLeEUTl?locale=uk\\_UA](https://www.facebook.com/mocdc.mk.ua/posts/pfbid044pFg3iUhxXLsLW6AxGqgyN1ZpVqjMJ8MEENa7Bm7cGfSDGJGq9MojXY8pwLeEUTl?locale=uk_UA)

У вересні 2024 року участь у міжнародних польових навчаннях з реагування на радіаційні надзвичайні ситуації для медичних працівників 9 країн південно-східної Європи, що проходили у м. Кишинів та практичному семінарі в рамках проєкту «Зміцнення спроможності України реагувати на ХБРЯ – загрози». Отриманий досвід на постійній основі впроваджується у роботу відділу готовності та реагування на надзвичайні ситуації, ОЦРНС та груп оперативного реагування.

#### Комунікація з населенням.

Оскільки в 1986 році, після аварії на Чорнобильській АЕС, від громадськості приховувалася інформація про катастрофу через міркування про запобігання паніки серед населення, останньому не надавалася інформація про методи особистої гігієни та масштаби аварії. Карти радіаційного забруднення та відомості про рівні радіації були засекречені до 1990 року [21].

Наразі ситуація змінилася, проте, особам, що здійснюють перші дії у відповідь варто контролювати ситуацію, пов'язану з роботою ЗМІ на місці інциденту, щоб необґрунтовані небезпеки не були через ЗМІ повідомлені населенню.

Неабиякою проблемою в перші години дій у відповідь є вплив місцевих «експертів», які можуть стати джерелами неправильної чи неперевіреної інформації, що може призвести до вжиття невиправданих заходів.

Тому, перед особою, яка керує першим реагуванням для того, щоб уникнути виникнення серед населення паніки, нейтралізувати дії підозрілих осіб, стоїть завдання організувати відповідним чином роботу правоохоронних органів і забезпечити збір і збереження судових доказів.

Основне правило, що забезпечує збереження здоров'я у разі ядерної загрози - це мінімально необхідний час поводження з ним, застосування захисних екранів і забезпечення якомога дальшої відстані від джерела при роботі з ним.

Оскільки період напіврозпаду радіонуклідів при ядерному вибуху становить від кількох секунд до кількох годин, як на Рис.3.4, а також, беручи до уваги, що кожні 7 годин доза опромінення знижується в 10 разів (Рис. 3.5), важливо залишатися в укритті щонайменше 2 доби.

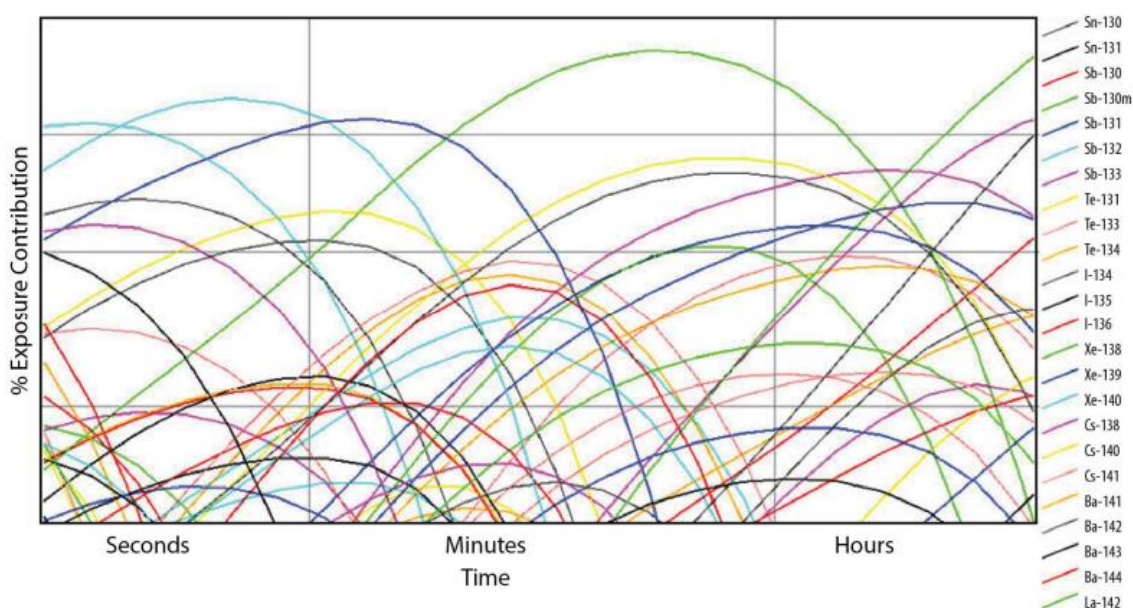


Рис. 3.4 - Період напіврозпаду радіонуклідів при ядерному вибуху

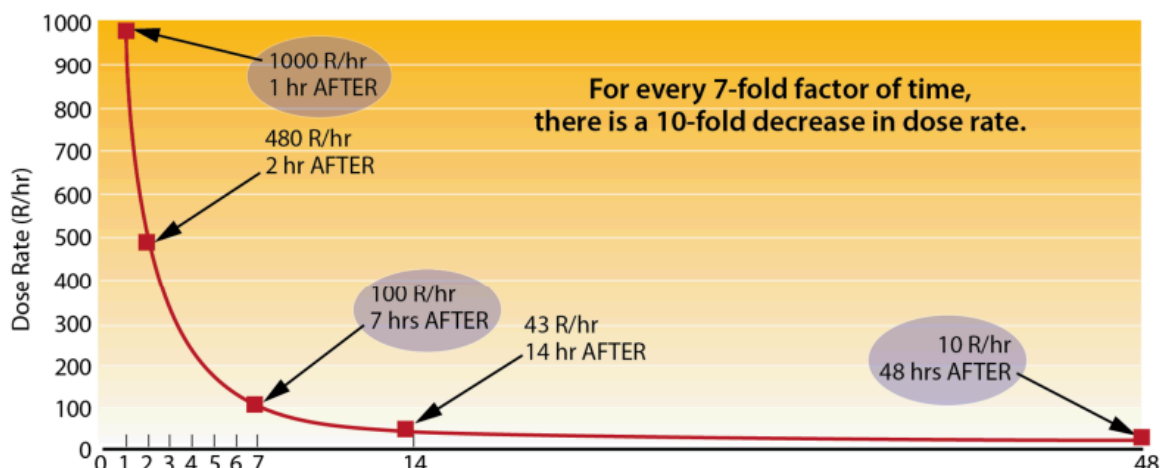


Рис. 3.5 - Графік дози опромінення перші 48 годин після ядерного вибуху

Тому, у разі надзвичайної ситуації, поради для населення України від фахівців максимально прості: сховатися в приміщенні, перебувати в приміщенні і слухати офіційні джерела інформації рис. 3.6

## РОБОТА З ГРОМАДСЬКІСТЮ ТА КОМУНІКАЦІЯ У ВИПАДКУ ЯДЕРНОГО ВИБУХУ



Рис. 3.6 - Комунікація з населенням у випадку ядерного забруднення

Або як приклад в додатках М, Н.

З метою протидії загрози ядерного забруднення на рівні регіонів України необхідно продовжувати проводити навчальні тренінги та командно-штабні навчання для відпрацювання міжсекторальної співпраці та удосконалення заходів реагування. Посилено проводити санітарно-освітню роботу серед населення через роздачу пам'яток, буклетів, публікацій тематичних матеріалів на офіційних веб-сайтах та соціальних медіа установ.

### **Висновок до розділу 3**

Проаналізовано застосовані заходи щодо протидії та посилення спроможності реагування на випадок ядерного забруднення.

Вивчено питання проведення радіаційно-дозиметричного контролю на прикладі Миколаївської області. Так, за результатами дозиметричного контролю, проведеного протягом 2024 року, встановлено, що радіаційний фон в Миколаївській області знаходився у своїх звичних межах і становив 0,10 - 0,15 мкЗв/год або 10-15 мкР/год (найменший та найбільший показники).

Опрацьовано питання ефективної комунікації з громадськістю задля дієвих та швидких дій у разі ядерного забруднення територій.

## ВИСНОВКИ

В ході проведення наукового дослідження поставлені завдання виконано в повному обсязі.

Проведено огляд літературних джерел щодо історичних аспектів ядерного забруднення у світі, опрацьовано нормативно-правові акти: на міжнародному, європейському та національному рівнях.

Досліджено зовнішні та внутрішні загрози для об'єктів критичної радіологічної інфраструктури на прикладі окупації російськими військами Чорнобильської АЕС в 2022 році та загрози впродовж останніх 3 років.

Проаналізовано загрози ядерного тероризму при захопленні АЕС, на прикладі Запорізької АЕС та інших підконтрольних Україні АЕС.

Найбільша АЕС України – Запорізька не виробляє електроенергію вже понад два роки. Всі шість енергоблоків перебувають у стані холодної зупинки, але все ще потребують зовнішнього електроживлення для охолодження реакторів та інших важливих функцій ядерної та фізичної ядерної безпеки.

Проведено оцінку стану готовності системи охорони громадського здоров'я в Україні, до надзвичайних ситуацій радіаційного/ядерного характеру.

Підготовлено пропозиції та рекомендації щодо протидії загрози ядерного забруднення території на національному, регіональному та місцевому рівнях.

Проаналізовано щоденні заміри гамма-фону, що здійснювалися тричі на добу на стаціонарних постах спостереження ( 5 точок спостереження).

Встановлено, що радіаційний фон протягом 2024 року не перевищував природного рівня (рівень природного фону < 25 мкР/год), характерного для території Миколаївської області.

Опрацьовано комунікації з громадськістю у разі ядерного забруднення територій.

Встановлено, що ведення будь-яких бойових дій біля атомних електростанцій становить пряму загрозу їхньому існуванню та безпеці, а також спричиняє ризик поширення радіоактивного забруднення, включаючи транскордонне.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Всесвітня ядерна асоціація URL: [https://world--nuclear-org.translate.goog/information-library/current-and-future-generation/outline-history-of-nuclear-energy?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=ru&\\_x\\_tr\\_pto=rq](https://world--nuclear-org.translate.goog/information-library/current-and-future-generation/outline-history-of-nuclear-energy?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=rq). (дата звернення: 12.01.2025).
2. Енергоатом. URL: <https://energoatom.com.ua/>. (дата звернення: 12.01.2025).
3. Державна інспекція ядерного регулювання України. URL: <https://snriu.gov.ua/pro-nas/zagalna-informaciya>. (дата звернення: 13.01.2025).
4. Виступ генерального секретаря ООН на засіданні Ради Безпеки ООН з питань України 24 вересня 2024 року. URL: <https://ukraine.un.org/uk>. (дата звернення: 12.01.2025).
5. Security of nuclear and other radioactive material. URL: <https://www.iaea.org/topics/security-of-nuclear-and-other-radioactive-material>. (дата звернення: 12.01.2025).
6. Manual for First Responders to a Radiological Emergency. 2006. URL: <https://www.iaea.org/publications/7606/manual-for-first-responders-to-a-radiological-emergency>. (дата звернення: 12.01.2025).
7. Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency. 2005. URL: <https://www.iaea.org/publications/7213/-generic-procedures-for-medical-response-during-a-nuclear-or-radiological-emergency>. (дата звернення: 12.01.2025).
8. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/home>. (дата звернення: 12.01.2025).
9. Угода № 955\_367 між Міжнародним агентством з ядерної енергії та Всесвітньою організацією охорони здоров'я від 28.05.1959 р.

10. Договір про нерозповсюдження ядерної зброї (ДНЯЗ) від 01.07.1968. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_098#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_098#Text). (дата звернення: 12.01.2025).
11. The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material. URL: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-early-notification-nuclear-accident>. (дата звернення: 12.01.2025).
12. Convention on Early Notification of a Nuclear Accident. URL: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-early-notification-nuclear-accident>. (дата звернення: 12.01.2025).
13. Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency. 1986. URL: <https://www.iaea.org/sites/-default/files/infcirc336.pdf>. (дата звернення: 12.01.2025).
14. Конвенція про ядерну безпеку від 17.06.1994 р. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_023#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_023#Text). (дата звернення: 14.01.2025).
15. Об'єднана конвенція про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами від 29.09.1997. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_335#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_335#Text). (дата звернення: 14.01.2025).
16. European Centre for Disease Prevention and Control. URL: <http://www.ensreg.eu/>. (дата звернення: 12.01.2025).
17. Європейський центр контролю та профілактики хвороб. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en>. (дата звернення: 13.01.2025).
18. U. S. Centers for Disease Control and Prevention. URL: <https://www.cdc.gov/index.html>. (дата звернення: 15.01.2025).
19. Підходи до розробки референтних рівнів західноєвропейської асоціації органів регулювання ядерної безпеки (WENRA) для дослідницьких реакторів / Шепітчак А. В., Кухоцький О. В., Лігоцький О. І., Кульман О. М. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2021. № 2(90). С. 4–11. doi: 10.32918/nrs.2021.2(90).01.
20. Ядерна захищеність: синонім фізичного захисту чи складова ядерної та радіоактивної безпеки? / Кузмяк І. Я., Кравцов В. І., Печериця О. В., Пасека О. В. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2017. вип. 2. С. 51–59.

21. Комов О. Д. Рівненщина та Чорнобильська аварія. 30 років потому. / О. Д. Комов, І. В. Гущук. – Рівне–Острог : Видавець СПД Свиначчук Р. В., 2016. – 128 с.; іл. ISBN 978-617-7328-36-9.

22. Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://moz.gov.ua/uk>. (дата звернення: 15.01.2025).

23. Гаврилюк В. І., Драпей С. С., Кайдик Б. В. Забезпечення готовності до радіологічних, ядерних подій та надзвичайних ситуацій і реагування на них в Україні : навч. пос. Київ, 2022 154 с.

24. Забезпечення готовності до радіологічних, ядерних подій та надзвичайних ситуацій для зміцнення національного режиму фізичної ядерної безпеки : навч. пос. Київ, 2024. 147 с.

25. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>. (дата звернення: 16.01.2025).

26. Медичні аспекти аварії на Чорнобильській АЕС : матеріали наукової конференції. Київ, 1988.

27. Наслідки Чорнобильської катастрофи для здоров'я: хвороба чи хвороблива поведінка? *Перспективи охорони навколишнього середовища*. 2011. № 105(6). С. 1533–1537.

28. Тарасюк О.Є. Оцінка ролі Чорнобильської аварії населенням Рівненської області серед найбільш значимих факторів можливого негативного впливу на здоров'я / О.Є.Тарасюк, І.П.Лось, Н.Д.Шабуніна, Г.М.Шевченко, І.В.Гущук та ін.// “Довкілля та здоров'я“, №1(60) 2012р. - Київ, 2012- С.21-26. ISSN 2077-7477 (Print) ISSN 2077-7485 (Online)

29. Samet J. M., Chanson D. Fukushima Daiichi Power Plant Disaster: How many people were affected? : report. 2015. URL: <https://reliefweb.int/report/-japan/fukushima-daiichi-power-plant-disaster-how-many-people-were-affected-2015-report>. (дата звернення: 17.01.2025).

30. Health effects of the Chernobyl disaster: illness or illness behavior? A comparative general health survey in two former Soviet regions / Havenaar J.,

Rumyantzeva G., Kasyanenko A., Kaasjager K., Westermann A. et al. *Environ Health Perspect.* 1997. doi: 10.1289/ehp.97105s61533.

31. Ohnishi T. The disaster at Japan's Fukushima-Daiichi nuclear power plant after the March 11, 2011 earthquake and tsunami, and the resulting spread of radioisotope contamination. *Radiat Res.* 2012. DOI: [10.1667/rr2830.1](https://doi.org/10.1667/rr2830.1).

32. Prioritizing “Psychological” Consequences for Disaster Preparedness and Response: A Framework for Addressing the Emotional, Behavioral, and Cognitive Effects of Patient Surge in Large-Scale Disasters / Meredith L., Eisenman D., Tanielian T. et al. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness.* 2011. №5(1). P. 73–80. DOI:[10.1001/dmp.2010.47](https://doi.org/10.1001/dmp.2010.47).

33. Becker S. M. Psychological Issues in a Radiological or Nuclear *Attack Medical Consequences of Radiological and Nuclear Weapons* 2012. P. 171–194 URL: <https://medcoeckapwstorprd01.blob.core.usgovcloudapi.net/pfw-images/dbimages/Nuke%20Warfare-ch08.pdf>. (дата звернення: 20.01.2025).

34. Bromet E. Emotional consequences of nuclear power plant disasters. *Health Phys.* 2014. № 106(2). P. 206–210. doi: 10.1097/HP.000000000000012.

35. Рукавичка О.М. Організація еколого-гігієнічного моніторингу за накопиченням важких металів у системі ґрунт-овочева продукція на території Дубровицького району Рівненської області /О.М.Рукавичка,, І.В. Гущук //Гігієна населених місць. –Київ.– 2013.- Вип. 62. С.100-105.

36. Гущук І.В. Моніторинг за забрудненням харчових продуктів та дозами опромінення населення поліських районів Рівненської області у пізній фазі глобальної аварії/ І.В. Гущук, Комов О.Д., В.І.Гущук //Гігієна населених місць. – Київ.– 2014.- Вип. 63. С.213-222.

36. Coping with a Disaster or Traumatic Event Factsheet URL: <https://www.cdc.gov/natural-disasters/communication-resources/coping-with-a-disaster-or-traumatic-event-factsheet.html>. (дата звернення: 27.01.2025).

37. Psychological First Aid in Radiation Disasters. URL: <https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/php/training/pfaird.html>. (дата звернення: 27.01.2025).

38. Excess mortality among relocated institutionalized elderly after the Fukushima nuclear disaster / Yasumura S., Goto A., Yamazaki S., Reich M. R. *Public Health*. 2013. №127(2). P. 186–188. DOI: [10.1016/j.puhe.2012.10.019](https://doi.org/10.1016/j.puhe.2012.10.019).

39. Ядерна зброя: фізичні основи, вражаючі фактори, біологічні наслідки / Петров В. А., Яковлев В. Н., Петров М. В., Сухоруков А. А. *Innovative Development of Science, Technology and Education*. 2016. С. 59–63.

40. Керівництво з планування реагування на ядерну детонацію. URL: [https://gdo-nucstraining.llnl.gov/data/fema\\_nuc-detonation-planning-guide\\_UK.pdf](https://gdo-nucstraining.llnl.gov/data/fema_nuc-detonation-planning-guide_UK.pdf). (дата звернення: 29.01.2025).

41. Buddemeier B. R., Dillon M. B. Key Response Planning Factors for the Aftermath of Nuclear Terrorism. 2009. URL: <https://narac.llnl.gov/sites/narac/files/-2024-02/LLNL-TR-410067.pdf>. (дата звернення: 29.01.2025).

42. Crocker G. R., O'Connor J. D., Freiling E. C. Physical and Radiochemical Properties of Fallout Particles. 1966. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD0623485.pdf>. (дата звернення: 30.01.2025).

43. Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation. 2022. URL: [https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema\\_nuc-detonation-planning-guide.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_nuc-detonation-planning-guide.pdf). (дата звернення: 02.02.2025).

44. PAG Manual: Protective Action Guides and Planning Guidance for Radiological Incidents. 2017. 101 p. URL: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-01/documents/-epa\\_pag\\_manual\\_final\\_revisions\\_01-11-2017\\_cover\\_disclaimer\\_8.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-01/documents/-epa_pag_manual_final_revisions_01-11-2017_cover_disclaimer_8.pdf). (дата звернення: 03.02.2025).

45. The Effects of Nuclear Weapons / Glasstone S., Dolan P. J. 1977. Washington, 1977. URL: <https://www.deepspace.ucsb.edu/wp-content/uploads/2013/01/Effects-of-Nuclear-Weapons-1977-3rd-edition-complete.pdf>. (дата звернення: 05.02.2025).

46. Levanon I., A. Pernick The Inhalation Hazard of Radioactive Fallout. *Health Phys*. 1988. № 54(6). P. 645–657. DOI: [10.1097/00004032-198806000-00005](https://doi.org/10.1097/00004032-198806000-00005).

47. Advances in Modeling Radiation Dispersal Device and Nuclear Detonation Effects / Nasstrom J. S., Foster K. T., Goldstein P., Dillon M. B., Wimer N. G. et al.

*ANS EPRRSD — 13th Robotics & Remote Systems for Hazardous Environments 11th Emergency Preparedness & Response.* Knoxville, 2011. URL: <https://scispace.com/pdf/advances-in-modeling-radiation-dispersal-device-and-nuclear-1mz9nj6x40.pdf>. (дата звернення: 06.02.2025).

48. The Control of Exposure of the Public to Ionizing Radiation in the Event of Accident or Attack. Maryland : NCRP Publications, 1982, 277 p.

49. Responding to a Radiological or Nuclear Terrorism Incident: a Guide for Decision Makers, Report No, 165. URL: <https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-165-responding-to-a-radiological-or-nuclear-terrorism-incident-a-guide-for-decision-makers/>. (дата звернення: 22.02.2025).

50. Bunn M., Sagan S. D Insider Threat Worst Practice Guide: Lessons from Past Mistakes. Cambridge, 2014. 22 p.

51. Безпека і здоров'я на роботі у воєнний та післявоєнний час. Досвід України в умовах російської агресії. 2023. 199 с. URL: [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@europe/@ro-geneva/@sro-budapest/documents/genericdocument/wcms\\_856143.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@europe/@ro-geneva/@sro-budapest/documents/genericdocument/wcms_856143.pdf). (дата звернення: 22.02.2025).

52. Белоусова К. Війна в Україні може призвести до екологічної катастрофи, що зачепить Європу та Азію. 2022. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/vijna-v-ukraini-mozhe-prizvesti-do-ekologichnoi-katastrofi-shho-zachepit-ievropu-ta-aziju/>. (дата звернення: 23.02.2025).

53. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). URL: <https://ncrponline.org/>. (дата звернення: 23.02.2025).

54. Запорізька АЕС: захоплення окупантами, ядерний тероризм. 2022. URL: [https://mvs.gov.ua/news/zaporizka-aes-zaxoplennia-okupantami-iadernii-terorizm\\_](https://mvs.gov.ua/news/zaporizka-aes-zaxoplennia-okupantami-iadernii-terorizm_) (дата звернення: 27.02.2025).

54. Ядерний тероризм». Що росіяни залишили після себе в Чорнобилі та як постраждала інша ядерна інфраструктура. *Forbes*. URL: <https://forbes.ua/inside/yaderniy-terorizm-shcho-rosiyani-zalishili-pislya-sebe-v->

chornobili-ta-yak-postrazhdala-insha-yaderna-infrastruktura-26042022-5648. (дата звернення: 02.03.2025).

55. Антонюк Д. Як «Енергоатом» бореться з ядерним тероризмом РФ на українських атомних станціях. Інтерв'ю з Петром Котіним. *Forbes*. URL: <https://forbes.ua/inside/naybilshu-atomnu-stantsiyu-ukraini-okupuvali-orke-a-nad-inshimi-litayut-raketi-yak-aes-prodovzhuyut-viroblyati-elektriku-pid-chas-viyni-intervyu-z-kerivnikom-energoatom-02052022-5736viyniintervyu-z-kerivnikom-energoatom-02052022-5736>. (дата звернення: 02.03.2025).

56. Ситуація на атомних об'єктах України станом на 23.03.2022. URL: <https://www.rada.gov.ua/news/razom/220801.html>. (дата звернення: 02.03.2025).

57. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. 1990. URL: [https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2060%20\(Users%20Edition\)](https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2060%20(Users%20Edition)). (дата звернення: 02.03.2025).

58. Radiation Emergencies. URL: [https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/?CDC\\_AA\\_refVal=https%3A%2F%2Femergency.cdc.gov%2Fradiation%2Findex.asp](https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Femergency.cdc.gov%2Fradiation%2Findex.asp). (дата звернення: 02.03.2025).

59. Crisis&Emergency Response Communication (CERC). URL: <https://www.cdc.gov/cerc/php/about/index.html>. (дата звернення: 02.03.2025).

60. Спілкування під час глобальних надзвичайних ситуацій. URL: <https://www.coursera.org/learn/communicating-during-global-emergencies>. (дата звернення: 04.03.2025).

61. The Oak Ridge Institute for Science and Education. URL: <https://orise.orau.gov/index.html>. (дата звернення: 05.04.2025).

**ДОДАТОК А**

Сертифікат про проходження тренінгу “Готовність, реагування та ліквідація наслідків надзвичайної ситуації внаслідок дії радіаційних та ядерних загроз”

**СЕРТИФІКАТ**

2023-1166-1111111-633258

підтверджує, що

Підволоцька Альона Анатоліївна

успішно завершила навчання

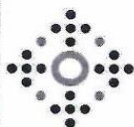
Тренінг «Готовність, реагування та ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій внаслідок дії радіаційних та ядерних загроз»

отримала балів: 0,00

проведений 11.05.2023

місце проведення: Онлайн-вебінар

лікарські/фармацевтичні спеціальності:

**ЦЕНТР ГРОМАДСЬКОГО  
ЗДОРОВ'Я МОЗ УКРАЇНИ**Державна установа "Центр Громадського Здоров'я МО  
України"Перевірити валідність сертифікату можна на сторінці <https://metadata.phc.org.ua/verify>

## ДОДАТОК Б

Сертифікат про проходження тренінгу “Організація оцінки ураження та медичної допомоги при радіаційних надзвичайних ситуаціях в Україні”

|                                                                                                                                          |                     |                                          |                                                                                                                     |                |                                  |                       |                                                                      |                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>World Health Organization<br/>European Region</p> | <h1>СЕРТИФІКАТ</h1> | <p>про проходження тренінгу вебінару</p> | <p><b>Організація оцінки ураження та медичної допомоги<br/>при радіаційних надзвичайних ситуаціях в Україні</b></p> | <p>виданий</p> | <p><i>Альона Підволоцька</i></p> | <p>(ПІБ учасника)</p> | <p><b>13 – 14 лютого 2023 р<br/>Тривалість тренінгу: 6 годин</b></p> | <p><i>[Signature]</i><br/>Від імені Д-р Ярно Хабіхт<br/>Представник ВООЗ, Глава Бюро ВООЗ в Україні<br/>Бюро Всесвітньої організації охорони здоров'я<br/>(ВООЗ) в Україні</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## ДОДАТОК В

Сертифікат про завершення курсу “Робота з громадськістю та комунікація  
у випадку ядерного вибуху. Стратегія і практика”

*Сертифікат про завершення*

Середа, 6 грудня 2023 року

вручається

**Альона Підволоцька**

на підтвердження завершення курсу

**Робота з громадськістю та комунікація у випадку ядерного вибуху:  
стратегія і практика**

Підпис: Палома Ричард, Директора

управління Політики реагування на ядерні інциденти та  
співробітництва, NNSA

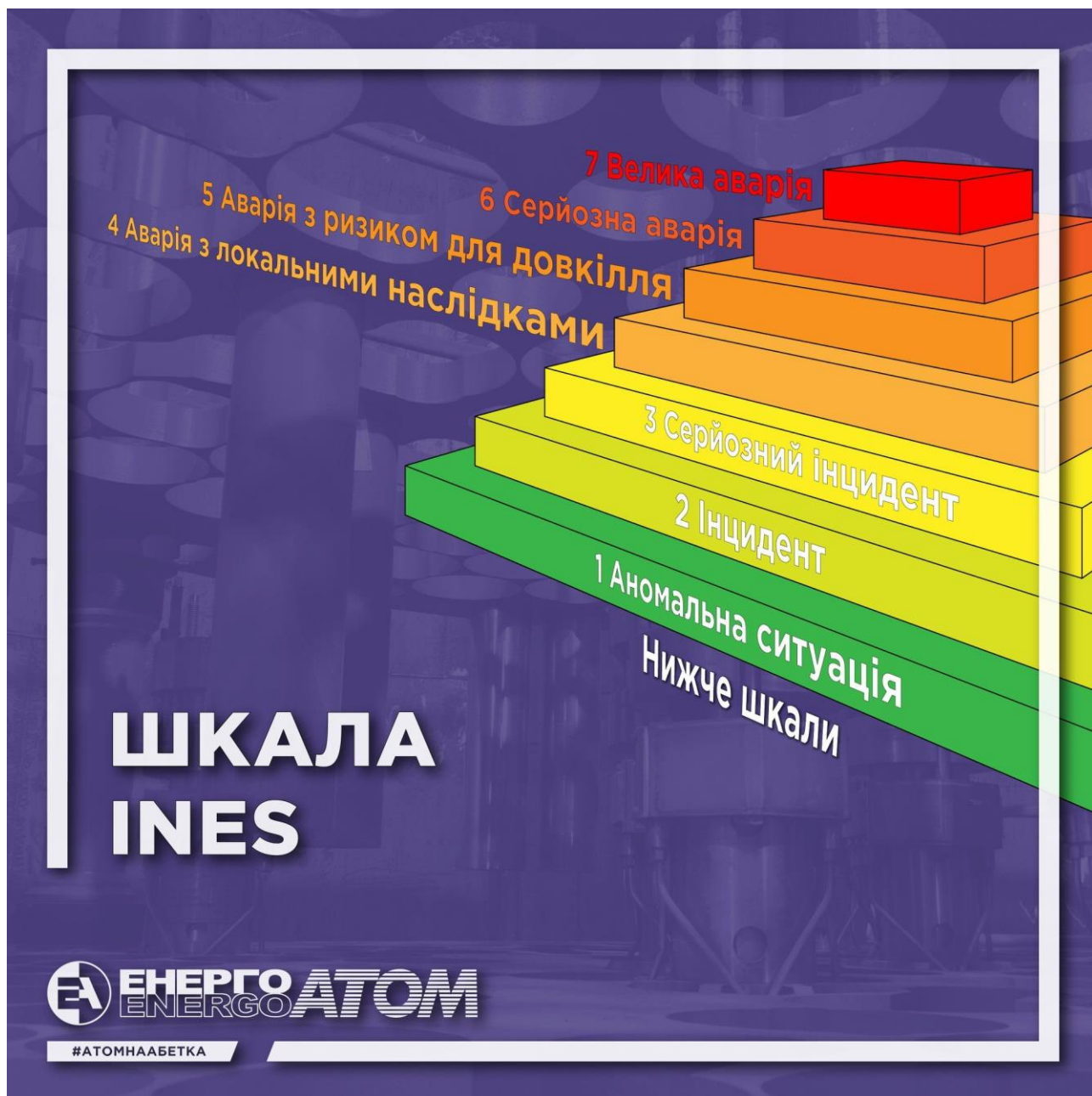
*Paloma Richard*

Wednesday, December 6, 2023



## ДОДАТОК Д

Міжнародна шкала аварійних ситуацій (шкала INES)



## ДОДАТОК Е

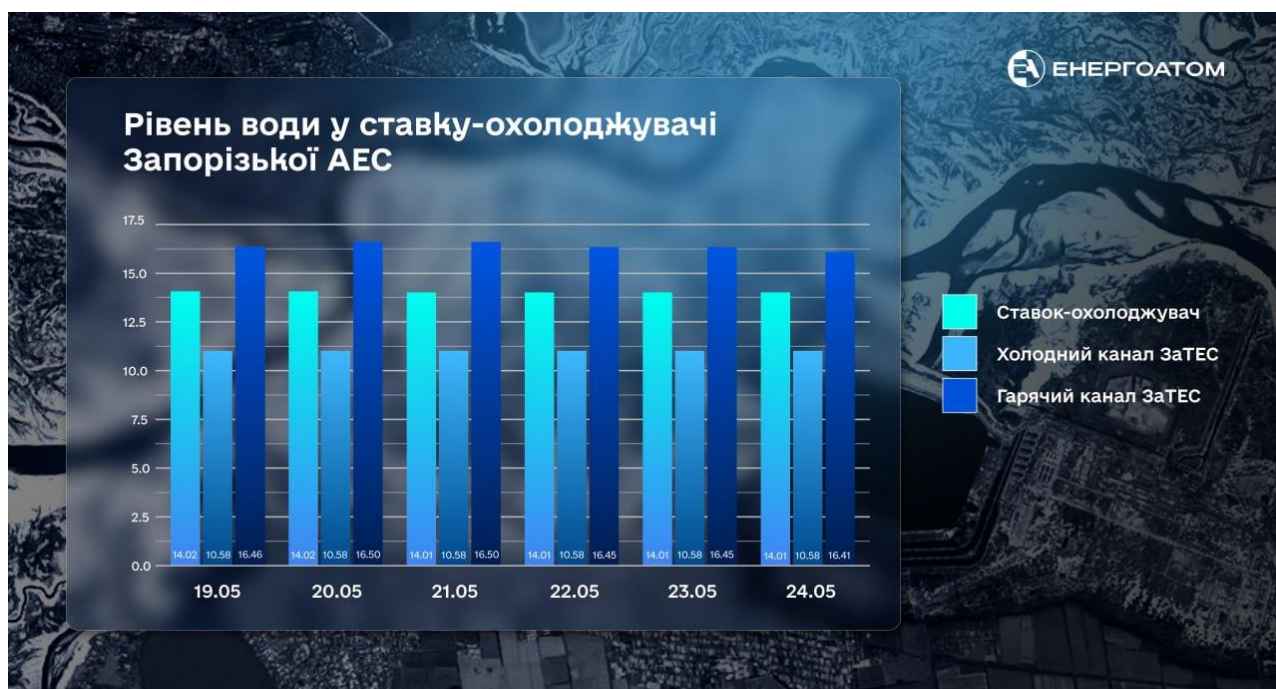
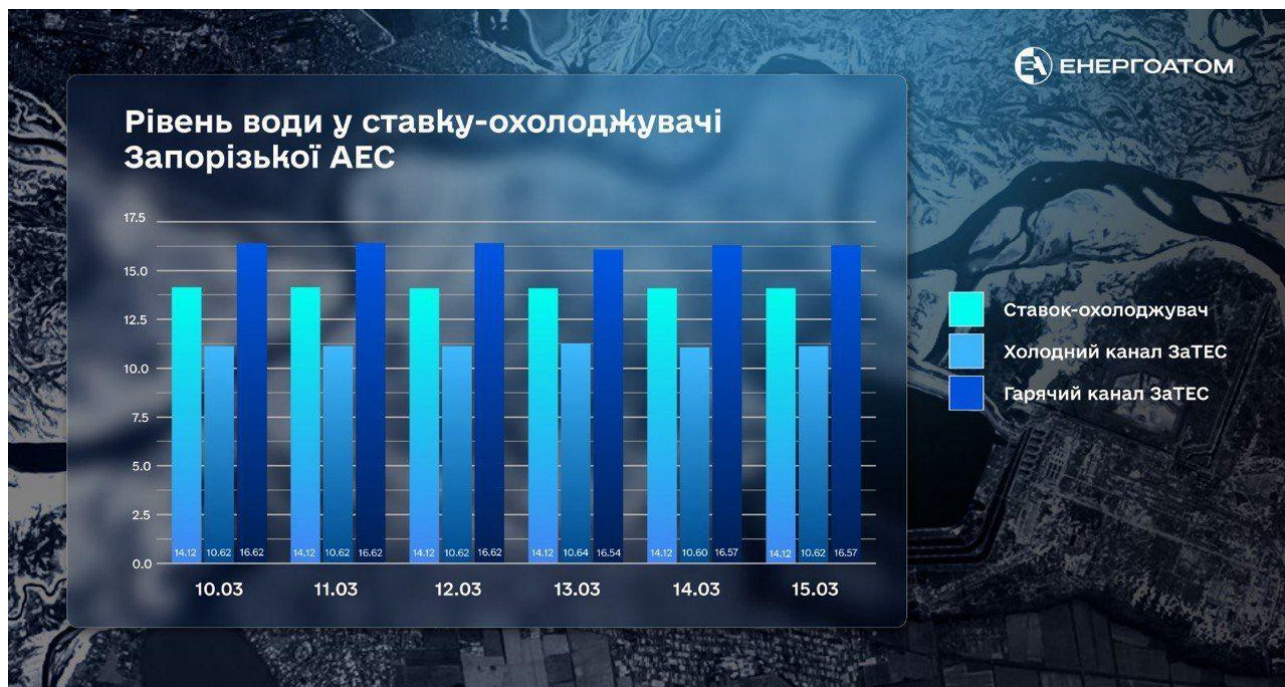
## Ядерна безпека: ешелонований захист



## ДОДАТОК Ж

Рівні води у ставку-охолоджувачі Запорізької АЕС

в березні та травні 2025 року



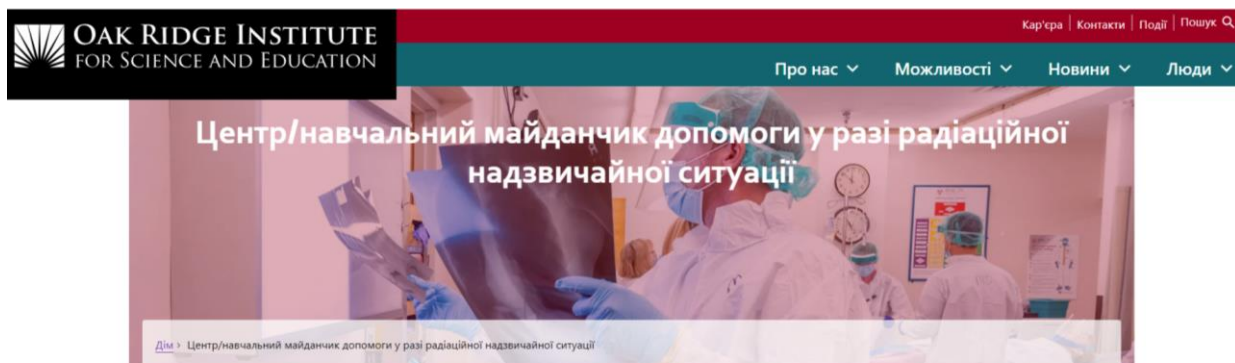
## ДОДАТОК К

### Намети для деконтамінації при радіаційних ураженнях



## ДОДАТОК Л

## REAC/TS



## Переглянути ресурси для невідкладної допомоги

У разі радіаційної надзвичайної ситуації медичні працівники можуть знайти відео, довідники та посібники з роботи, які допоможуть у лікуванні осіб, постраждалих від іонізуючого випромінювання.

Перекладені матеріали також доступні [іспанською](#), [турецькою](#) та [українською мовами](#).

Центр/навчальний центр допомоги у разі радіаційної надзвичайної ситуації (REAC/TS) – це всесвітньо відомий об'єкт Міністерства енергетики США та лідер у сфері екстреного медичного реагування на радіологічні/ядерні інциденти. REAC/TS надає послуги з екстреного реагування та надає експертну допомогу з медичного ведення радіаційних інцидентів для Управління боротьби з тероризмом та протидією розповсюдженню зброї масового вибуху Національного управління ядерної безпеки. REAC/TS розташований в Оук-Ріджському інституті науки та освіти в Оук-Ріджі, штат Теннессі, та експлуатується для Міністерства енергетики США ORAU [ [orau.org](http://orau.org) ].

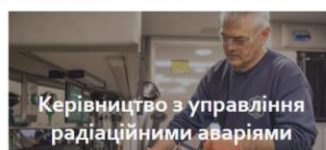
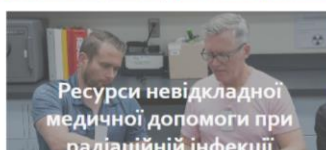
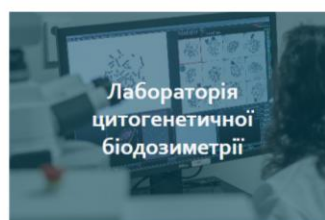
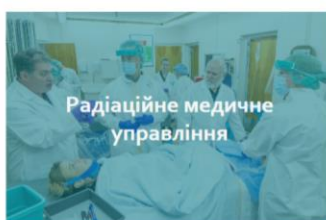
REAC/TS підтримує цілодобову національну та міжнародну можливість реагування, а також проводить безперервну медичну освіту та інформаційно-просвітницькі заходи. Курси REAC/TS щорічно охоплюють тисячі медичних працівників, рятувальників та фізиків охорони здоров'я по всьому світу. Темі охоплюють медичне ведення радіологічних/ядерних інцидентів, а також методи дезактивації за допомогою навчальних та практичних занять.

REAC/TS також керує унікальною лабораторією, яка допомагає

Міністерству енергетики США заповнити критичну прогалину у здатності нашої країни реагувати на радіологічний або ядерний інцидент. Лабораторія цитогенетичної біодозиметрії REAC/TS використовує «золотий стандарт» – аналіз дицентричних хромосом – перевірений метод, який може бути використаний для розрахунку поглиненої дози опромінення у осіб, що зазнали опромінення.

Дізнайтеся більше про унікальні можливості REAC/TS:

### Можливість реагування цілодобово та без вихідних для надання консультацій та порад щодо радіаційних надзвичайних ситуацій



## ДОДАТОК М

Рекомендації для населення (шаблони)

### Де безпечно ховатися у разі радіаційної надзвичайної ситуації



## ДОДАТОК Н

# NUCLEAR WEAPON

## What is a nuclear weapon?

A nuclear weapon is a device that uses a nuclear reaction to create an explosion. This explosion is much more powerful than that of conventional explosives (like TNT). When a nuclear weapon explodes, it gives off four types of energy: a blast wave, intense light, heat, and radiation. Nuclear weapons can be in the form of bombs or missiles.



When a nuclear weapon explodes, a large fireball is created. Everything inside of this fireball vaporizes and is carried upward. This creates a mushroom-shaped cloud. The material in the cloud cools into dust-like particles and drops back to the earth as **fallout**. Fallout can be carried by the wind and can end up miles from the site of the explosion. Fallout is radioactive and can contaminate anything it lands on.



## What are the main dangers of a nuclear weapon?

A nuclear weapon would cause great destruction, death, and injury and have a wide area of impact. People close to the blast site could experience:

- Injury or death (from the blast wave)
- Moderate to severe burns (from heat and fires)
- Blindness (from the intense light)
- Radiation sickness, also known as acute radiation syndrome or ARS (caused by the radiation released)

People farther away from the blast, but in the path of fallout, could experience health effects from:

- Fallout on the outside of the body or clothes (external contamination) or on the inside of the body (internal contamination)
- Radiation sickness
- Contaminated food and water sources

## What should I do to protect myself?



**GET INSIDE**



**STAY INSIDE**



**STAY TUNED**



U.S. Department of  
Health and Human Services  
Centers for Disease  
Control and Prevention

<http://emergency.cdc.gov/radiation>

## Продовження ДОДАТКУ Н

# NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENTS

Nuclear power plants have safety and security procedures in place and are closely monitored by the Nuclear Regulatory Commission (NRC). An accident at a nuclear power plant could release dangerous levels of radiation over an area (sometimes called a plume).



### What are the main dangers of nuclear power plant accidents?

Radioactive materials in the plume from the nuclear power plant can settle and contaminate people who are outdoors, buildings, food, water, and livestock.



Radioactive materials can also get inside the body if people breathe it in, or eat or drink something that is contaminated.

People living close to the nuclear power plant who are exposed to radiation could experience long-term health effects such as cancer.

### What should I do to protect myself during a nuclear power plant accident?

If you live near a nuclear power plant, you can get emergency information materials from the power company that operates your local nuclear power plant or your local emergency services office.



U.S. Department of  
Health and Human Services  
Centers for Disease  
Control and Prevention

<http://emergency.cdc.gov/radiation>