

**GKTC**

# **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОТОВНОСТІ ДО РАДІОЛОГІЧНИХ, ЯДЕРНИХ ПОДІЙ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ І РЕАГУВАННЯ НА НИХ В УКРАЇНІ**

Навчальний посібник

Київ - 2022

Автори:

кандидат фізико-математичних наук **В.І. Гаврилюк**

кандидат фізико-математичних наук **С.С. Драней**

**Б.В. Кайдик**

Забезпечення готовності до радіологічних, ядерних подій та надзвичайних ситуацій і реагування на них в Україні: Навчальний посібник– К., Інститут ядерних досліджень НАН України, 2022. -154 с.

Навчальний посібник призначений для підвищення рівня теоретичних знань та практичних навичок фахівців обласних Центрів контролю та профілактики хвороб МОЗ України, представників ДСНС, ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України», а також ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф Міністерства охорони здоров'я України» щодо реагування на радіаційні та ядерні загрози.

Посібник розроблено за фінансової та консультативної підтримки «ВСЕСВІТНЬОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я»..

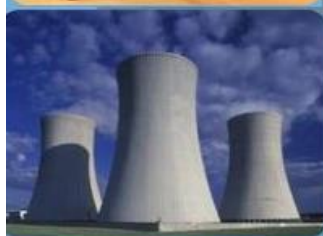
## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП .....</b>	<b>5</b>
<b>1. РАДІОАКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЛЮДИНУ Й ДОВКІЛЛЯ...</b>	<b>18</b>
<b>3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ .....</b>	<b>31</b>
<b>4. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ. ....</b>	<b>41</b>
<b>5. ПРИКЛАДИ РАДІОЛОГІЧНИХ/ЯДЕРНИХ ІНЦИДЕНТІВ .....</b>	<b>49</b>
<b>6. ПРИСТРОЇ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....</b>	<b>66</b>
<b>7. ПРОЦЕДУРИ ТА ЗАСОБИ ДЕКОНТАМІНАЦІЇ.....</b>	<b>80</b>
<b>8. ЙОДНА ПРОФІЛАКТИКА (БЛОКУВАННЯ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ) ПРИ РАДІАЦІЙНОМУ ЗАРАЖЕННІ.....</b>	<b>95</b>
<b>9. ПСИХОСОЦІАЛЬНІ НАСЛІДКИ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ ТА УСУНЕННЯ. ....</b>	<b>100</b>
<b>10. НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА В ГАЛУЗІ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>103</b>
<b>11. РЕАГУВАННЯ НА РАДІАЦІЙНІ ІНЦИДЕНТИ.....</b>	<b>119</b>
<b>12. КОНЦЕПЦІЯ ДІЙ У РАЗІ РАДІАЦІЙНОЇ/ЯДЕРНОЇ АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ. ....</b>	<b>132</b>
<b>13.УПРАВЛІННЯ НАСЛІДКАМИ .....</b>	<b>141</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>153</b>



## ВСТУП

Іонізуюче випромінювання зустрічається на Землі повсюди, і людина, де б вона не була – чи в приміщенні, чи на вулиці, весь час знаходиться під його впливом. І це є нормою. Природний радіаційний фон формується головним чином за рахунок розсіяних у земній корі, повітрі й воді природних радіонуклідів і космічного випромінювання. У більшості країн радіаційний природний фон у середньому варіює в діапазоні 10 – 20 мкР/год. Але крім природних

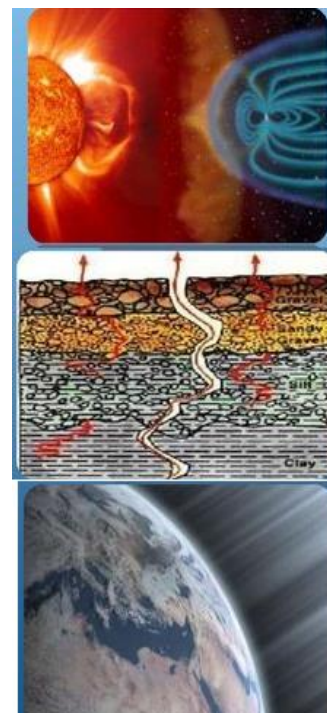


джерел радіації існують і техногенні, внесок яких в опромінення людей з розвитком цивілізації збільшується. Так, розвиток атомної енергетики, широке застосування джерел іонізуючого випромінювання майже в усіх сферах діяльності людини поряд з безсумнівною користю створюють потенційну загрозу радіаційної небезпеки. Крім того непотрібно забувати про військову агресію російської федерації проти України і те що ця війна порушила всі норми та правила які існували в світі, немає жодних гарантій, що загарбник незробить останній крок і незастосує ядерну зброю.

Чим же небезпечна радіація? Жодний інший вид енергії (теплової, електричної, механічної), поглиненої організмом у тій же кількості, не призводить до таких змін у ньому, як це відбувається в результаті поглинання організмом іонізуючого випромінювання. Наприклад, смертельна доза для ссавців становить приблизно 10 Гр (10 Дж/кг). Якщо 10 Дж теплової енергії потрапить в організм, то вона нагріє його всього лише на 0,001°C, чи якщо куля масою 10г зі швидкістю 1 км/с, що має кінетичну енергію 5000 Дж, влучить, наприклад, у ногу чи руку людини – це не призведе до загибелі людини.

Які висновки можна зробити з цього? По-перше, навіть незначна доза іонізуючого випромінювання, потрапивши в організм людини, у деяких випадках може призвести до катастрофічних наслідків для здоров'я людини, по-друге, виходячи з вищесказаного, організм має надійно бути захищеним від надфонового впливу іонізуючого випромінювання і неважливо звідки він з'явиться від втраченого джерела, чи використанням забороненої зброї.

Навчальний посібник «Забезпечення готовності до радіологічних, ядерних подій та надзвичайних ситуацій і реагування на них в Україні» призначений для 24-годинного курсу з підвищення рівня теоретичних знань та практичних навичок фахівців обласних Центрів контролю та профілактики хвороб МОЗ України, представників ДСНС, ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України», а також ДЗ «Український науково-практичний центр екстреної медичної допомоги та



медицини катастроф Міністерства охорони здоров'я України» щодо реагування на радіаційні та ядерні загрози.

У першому та другому розділі цього навчального посібника розглядаються характеристики різних типів іонізуючого випромінювання та особливості їх дії на людину, стохастичні й детерміністичні ефекти дії радіації.

У розділі 3 та 4 розглядаються такі поняття, як Організація та здійснення дозиметричного контролю та засоби і заходи щодо радіаційного захисту. З цих розділів ви дізнаєтесь за якими принципами здійснюється дозиметричний контроль та які заходи захисту ви маєте використовувати при загрозі радіаційного забруднення навколишнього середовища.

Україна – це держава на території якої в 1986 році на 4 блоці ЧАЕС сталася техногенна катастрофа (за шкалою INES – велика аварія, рівень 7), і через 36 років питання забезпечення радіаційної безпеки в зоні відчуження та зоні безумовного (обов'язкового) відселення залишаються актуальними.

У розділі 5 наводяться приклади радіаційних аварій та інцидентів, що призвели до опромінення та загибелі людей.

Виявлення та ідентифікація радіоактивного матеріалу чи радіаційного забруднення неможливі без спеціальних приладів, тому у розділі 6 розглядаються основні засоби (прилади) які можуть використовуватись для даних цілей. Без знання приладів радіаційної розвідки й дозиметричного контролю, методів реєстрації іонізуючого випромінювання та вміння користуватися цими приладами неможливо якісно проводити вимірювання характеристик радіоактивного матеріалу та рівня забруднення включаючи забруднення окремими ізотопами, навколишнього середовища. Звичайно не забули і про чистоту поверхонь і одягу, які могли зазнати забруднення. В розділі 7 розповідається про основні заходи та засоби щодо деконтамінації поверхонь та людей.

Крім того були розглянуті питання щодо психо-неврологічних небезпек, які пов'язані зі стресовими ситуаціями та у які потрапляють люди, що зіштовхнулися з ризиком отримати значні дози опромінення, що може призвести до погіршення здоров'я або взагалі викликати летальні наслідки (це розкрито у розділі 9).

У визначенні загальних принципів і критеріїв протирадіаційного захисту життя та здоров'я людини від негативного впливу іонізуючого випромінювання значу роль відіграють міжнародні й національні організації з радіаційного захисту, а саме Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) і Науковий комітет з дії атомної радіації ООН (НКДАР). Ролі міжнародних і національних організацій присвячено розділ 10 цього посібника.

Окрім того у розділі 10 розглядається законодавство України з радіаційного захисту, та два основні державні документи з радіаційної безпеки – Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) й Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ).

У 11 та 12 розділі розглянули основні концепції щодо реагування та прийняття рішення у зв'язку з виникненням ситуації що потягнула за собою забруднення території чи людські жертви.

В 13 розділі цього посібника розглядається питання пом'якшення наслідків радіаційної аварії на прикладі ліквідації наслідків аварії на 4-му блоці ЧАЕС, що сталася 26 квітня 1986 року.

Сподіваємося, що цей навчальний посібник стане в нагоді у вашій професійній діяльності.



# 1. РАДІОАКТИВНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Відповідно до Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» до радіоактивних матеріалів відносяться джерела іонізуючого випромінювання, ядерні матеріали та радіоактивні відходи.

Цей же Закон України дає тлумачення поняттям «джерело іонізуючого випромінювання», «ядерні матеріали», «радіоактивні відходи»:

*джерело іонізуючого випромінювання* – фізичний об'єкт, крім ядерних установок, що містить радіоактивну речовину, або технічний пристрій, який створює або за певних умов може створювати іонізуюче випромінювання;

*ядерний матеріал* – будь-який вихідний або спеціальний розщеплювальний матеріал. В цьому ж Законі дається визначення понять «вихідний матеріал» та «спеціальний розщеплювальний матеріал»:

*вихідний матеріал* – уран, який містить ізотопи у тому співвідношенні, в якому вони є у природному урані; уран, збагачений на ізотопи 235; торій; будь-яка із зазначених речовин у формі металу, сплаву, хімічної сполуки або концентрату; будь-який інший матеріал, що містить одну або декілька із зазначених речовин у концентрації, встановленій нормами, правилами та стандартами з безпеки;

*спеціальний розщеплювальний матеріал* – плутоній-239; уран-233; уран, збагачений ізотопами 235 і 233; будь-який матеріал, що містить одну або кілька із зазначених речовин;

*радіоактивні відходи* – матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені діючими нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанцій не передбачається.

Для розуміння вищесказаного потрібно знати певні положення ядерної та атомної фізики. Загальноприйнятою найменшою частиною хімічного елемента є атом. Атом складається з ядра та електронів, що знаходяться на орбітах навколо ядра. Ядро в свою чергу складається з протонів та нейтронів.

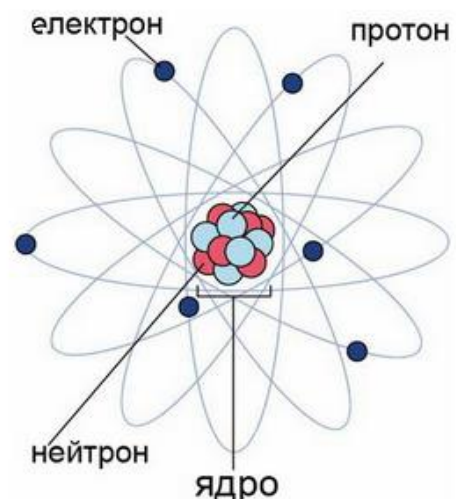
*Протон* є позитивно зарядженою стабільною частинкою з зарядом  $1,602 \times 10^{-19}$  Кл та масою  $1,673 \times 10^{-27}$  кг; *нейтрон* не має заряду та має масу  $1,675 \times 10^{-27}$  кг.

Сума протонів (Z) та нейтронів (N) у ядрі називається масовим числом, яке позначається через A:

$$A = Z + N$$

Властивості того чи іншого атома залежать від співвідношення протонів та нейтронів у ядрі.

Кількість протонів в ядрі атома визначає його місце (порядковий номер) в таблиці хімічних елементів Менделєєва.





У природі та серед штучно створених атомів зустрічаються атоми, які мають однакову кількість протонів в ядрі, але різну кількість нейтронів. Такі атоми називаються ізотопами. Ізотопи одного хімічного елементу мають однакові хімічні властивості, але різні фізичні властивості. Прикладом ізотопів урану є уран-233, уран-234, уран-235, уран-236, уран-238; а прикладами ізотопів водню є власне атом водню, який називається протій (в ядрі тільки 1 протон), дейтерію (в ядрі 1 протон та 1 нейтрон), тритію (в ядрі 1 протон та 2 нейтрони).



Ізотопи бувають стабільними або нестабільними. Нестабільні ядра розпадаються з випромінюванням квантів (порцій) електромагнітного поля або певних частин, наприклад, нейтронів. Такі ядра називаються радіоактивними та характеризуються періодом напіврозпаду, який, як правило, позначається  $T_{1/2}$ .

**Період напіврозпаду** – це час, впродовж якого розпадається половина ядер того чи іншого радіоактивного ізотопу.

Явище розпаду ядер деяких атомів називається **радіоактивністю**. Радіоактивність у системі СІ вимірюється в Бк (беккерель). 1 Бк дорівнює розпаду 1 радіоактивного ядра в 1 с (секунду). В практиці часто використовується позасистемна одиниця радіоактивності Кі (кюрі).

$$1 \text{ Кі} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$$

Під час розпаду радіоактивних ядер, як уже визначалося, випромінюються кванти електромагнітного поля (в подальшому:  $\gamma$ (гамма)-випромінювання) або/і  $\alpha$ (альфа)-,  $\beta$ (бета)-частинки, протони, нейтрони тощо. Частинки і  $\gamma$ -кванти, що випромінюються радіоактивними ядрами, називають іонізуючим випромінюванням. Ці частинки та  $\gamma$ -кванти характеризуються певною енергією. В ядерній<sup>1</sup> та атомній<sup>2</sup> фізиці енергія вимірюється в електрон-вольтах (eV). 1 eV – це енергія, яку набуває електрон, пролітаючи між електродами з різницею потенціалів у 1 В (вольт).

Електрон має негативний заряд рівний  $1,6 \times 10^{-19}$  Кл та має масу рівну  $9,109 \cdot 10^{-31}$  кг.

Енергія, що поширюється в просторі у вигляді іонізуючого випромінювання називається **радіацією**. Іонізуюче випромінювання, проходячи через речовину викликає іонізацію атомів і молекул цієї речовини. У просторі, в якому відбувається іонізація атомів речовини, утворюються електрично заряджені частинки – вільні електрони та іони.

**Іони** – це атоми або молекули, що мають позитивний чи негативний електричний заряд. Якщо кількість електронів на орбітах іона перевищує кількість протонів у ядрі іона, іон має негативний заряд і називається **аніоном**. Іон, що має більше протонів у ядрі ніж електронів на орбітах має позитивний заряд і називається **катионом**.

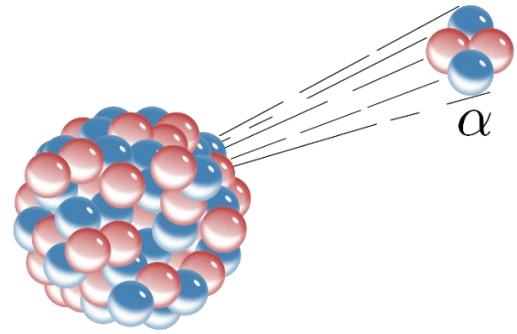
<sup>1</sup> Ядерна фізика – розділ фізики, в якому вивчаються структура та властивості атомних ядер.

<sup>2</sup> Атомна фізика – розділ фізики, який вивчає будову атомів і елементарні процеси на атомному рівні.



Особи, які у силу своїх посадових обов'язків або в результаті певного збігу обставин можуть опинитися в зоні дії іонізуючого випромінювання, повинні знати характеристики кожного виду іонізуючого випромінювання та можливі наслідки його дії на людину.

**Альфа-частинки (α-частинки)** – це позитивно заряджені частинки з зарядом рівним  $3,204 \times 10^{-19}$  Кл (кулон), які складаються з двох протонів та двох нейтронів. Альфа-частинки утворюються в результаті розпаду так званих важких ядер, а саме ядер ізоотопів урану, радю, торію, плутонію, америцію.

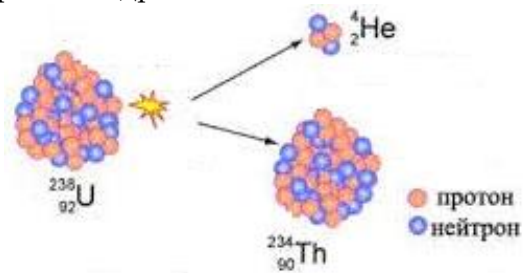
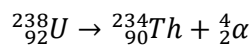


Альфа-частинки, що випромінюються ядром певного ізоотопу, мають дискретний спектр, тобто альфа-частинки випромінюються з певною енергією. Наприклад, під час розпаду ізоотопу уран-238 випромінюються α-частинки з енергіями 4,182; 4,135; 4,02 MeV (1MeV = 1000000 eV).

Альфа-частинки характеризуються низькою проникаючою здатністю, в повітрі вони гублять свою енергію пролетівши не більше 5 см, а потративши на шкіру людини затримуються зовнішнім шаром шкіри.

У результаті альфа-розпаду радіоактивного ядра утворюється нове ядро, масове число якого стає на 4 одиниці меншим, кількість протонів в ядрі зменшується на 2 протони, на стільки ж зменшується і кількість нейтронів в ядрі.

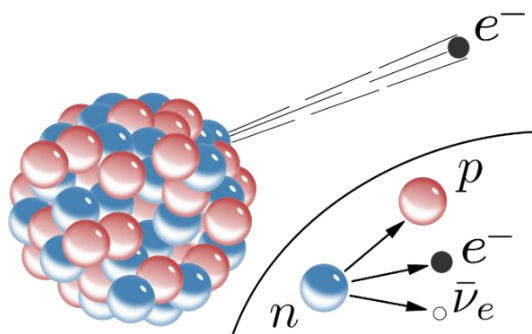
Наведемо приклад альфа-розпаду ядра урану-238:



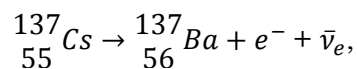
Альфа-частинки, що випромінюються ядрами атомів, які потрапили всередину організму з їжею, водою, повітрям, сильно пошкоджують клітини біологічної тканини, а тому є небезпечними для живих організмів.

**Бета-частинки (β-частинки)** – це негативно чи позитивно заряджені частинки (негативно заряджені – електрони, а позитивно заряджені – позитрони), які випромінюються певними радіоактивними ядрами. Такий розпад радіоактивного ядра називається бета(β)-розпадом.

При бета-розпаді з випромінюванням електрона в ядрі атома один з нейтронів перетворюється в протон, що супроводжується випромінюванням електрона та антинейтрино.



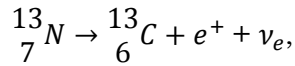
Розглянемо для прикладу розпад ізоотопу цезій-137:



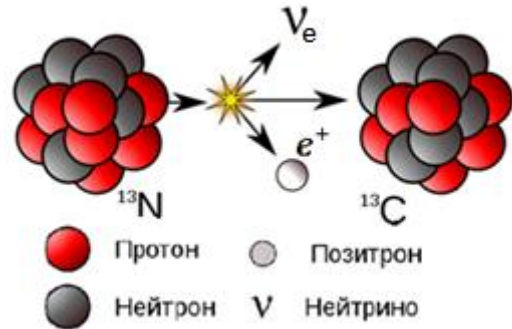
де  $\bar{\nu}_e$  – електронне антинейтрино,  
 $e^{-}$  – електрон.

У разі бета-розпаду з випромінюванням позитрону в ядрі атома один з протонів перетворюється в нейтрон і це супроводжується випромінюванням позитрону та нейтрино.

Розглянемо для прикладу бета-розпад ізотопу азот-13:



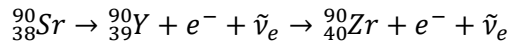
де  $\nu_e$  – електронне нейтрино,  
 $e^{+}$  – позитрон.



Спектр позитронів чи електронів, що випромінюються в результаті бета-розпаду, є неперервним та має верхню енергетичну межу.

Наприклад, максимальна енергія бета-розпаду ізотопу стронцій-90 дорівнює 0,5459 МеВ і відбувається з утворенням ізотопу ітрій-90, який у свою чергу розпадається з утворенням стабільного ізотопу цирконій-90 (в остаточному випадку випромінюються електрони з максимальною енергією 2,2798 МеВ).

Записується це в ядерній фізиці наступним чином:



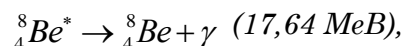
Цей приклад показує, що радіоактивне ядро (в даному випадку – стронцій-90) розпадатися на радіоактивне ядро (ітрій-90), яке розпадається з утворенням стабільного ядра (цирконій-90).

Бета-частинки мають набагато більшу проникаючу здатність ніж альфа-частинки. У разі зовнішнього впливу на організм бета-частинки, залежно від їх енергії, можуть проникати в біологічну тканину на глибину в декілька сантиметрів і тому є дуже небезпечними для очей, також у разі потрапляння бета-випромінюючих ізотопів всередину організму вони можуть опромінювати внутрішні органи людини.

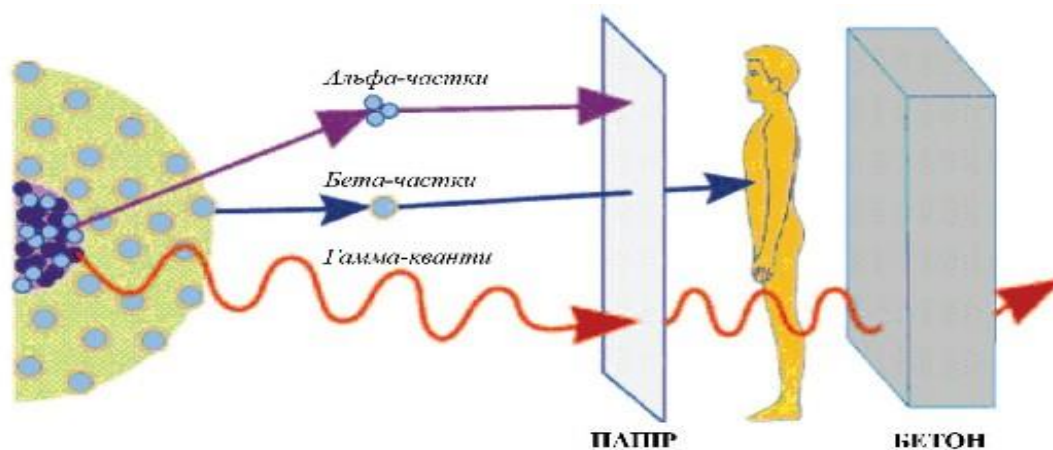
У результаті розпаду радіоактивних ядер випромінюються також гамма-кванти, які супроводжують перехід одного і того ж ядра з більш збуджених станів у менш збуджені стани або в основний стан. Енергія гамма-квантів має дискретний характер, що пояснюється тим, що атомні ядра різних ізотопів мають свої притаманні їм енергетичні рівні. При переході ядра з більш високоенергетичних рівнів на менш енергетичні рівні випромінюються гамма-кванти, а тому гамма-кванти певних енергій є «паспортом» ядра і в цілому радіоактивного ізотопу. Фахівці, визначивши енергії гамма-квантів, що випромінюються певним джерелом іонізуючого випромінювання, можуть визначити ізотопний склад радіоактивного джерела.

Гамма-випромінювання (γ-випромінювання) має велику проникаючу здатність і є дуже небезпечним навіть для осіб, що знаходяться на значній відстані від радіоактивного джерела. Слід підкреслити, що важкі метали, такі як свинець, уран, є надійними бар'єрами на шляху поширення гамма-променів.

В ядерній фізиці, щоб показати, що в результаті розпаду ядра випромінюється гамма-квант формула записується таким чином:



де \* позначають, що ядро знаходиться в збудженому стані, а при переході зі збудженого стану в основний ядро випромінює гамма-квант з енергією 17,64 МеВ.



Крім альфа-, бета- та гамма-випромінювання деякі радіоактивні ядра здатні випромінювати нейтрони. *Нейтронне випромінювання* виникає в результаті поділу ядер певних ізотопів. Поділ ядер може бути як мимовільним (спонтанним), так і вимушеним. Вільний нейтрон на відміну від протона є нестабільною частинкою з часом життя приблизно 15 хвилин.

Проникаюча здатність нейтронів надзвичайно велика та залежить від речовини, з якою взаємодіє нейтрон, і первинної енергії нейтрона. Є декілька класифікацій нейтронів по енергії. Розглянемо одну з них, відповідно до якої нейтрони з енергією менше 0,05 еВ називаються тепловими нейтронами, нейтрони з енергіями від 0,05 еВ до 1 кеВ називаються повільними нейтронами, нейтрони з енергіями більше 1 кеВ називаються швидкими нейтронами. Говорячи про проникаючу здатність швидких нейтронів слід підкреслити, що вона найменша при проходженні через речовини, що містять водень (вода, парафін, поліетилен тощо), а найбільша при проходженні нейтронів через важкі метали.

У той же час слід наголосити, що проходження нейтронів через речовину супроводжується випромінюванням гамма-квантів. Тому в практиці для захисту від швидких нейтронів використовують комбінований захист, який складається з парафіну або води, кадмію та свинцю. В такому захисті відбувається сповільнення швидких нейтронів (парафіном чи водою), поглинання нейтронів кадмієм з випромінюванням гамма-квантів та послаблення інтенсивності гамма-квантів свинцем.

Для здійснення заходів з радіаційного захисту практичне значення має знання питомої активності (активність радіоактивного ізотопу в одиниці маси речовини), об'ємної активності (активність радіоактивного ізотопу в одиниці об'єму речовини), поверхневої активності (активність одиниці площі поверхні, забрудненої радіоактивним ізотопом). Чим більша питома активність радіоізотопу, тим менший період напіврозпаду ( $T_{1/2}$ ). Так, питома активність ізотопу йод-131 складає  $4,6 \times 10^{15}$  Бк/г при періоді напіврозпаду 8 днів, а ізотопу цезій-137 питома активність складає  $3,2 \times 10^{12}$  Бк/г при періоді напіврозпаду 30,2 роки.

В Україні широко використовуються різні ядерні матеріали та інші радіоактивні матеріали. З ядерних матеріалів в Україні найбільше використовується уран. Уран – це радіоактивний елемент який в таблиці хімічних елементів має порядковий номер 92. Уран дуже важкий (густина урану –  $19,05$  г/см<sup>3</sup>), сріблясто-білий глянцевий метал. Температура плавлення урану –  $1132,3$  °С. Уран хімічно досить активний, швидко окислюється на повітрі та покривається райдужною плівкою. Дрібний порошок урану на повітрі самозапалюється при температурі  $150 - 175$  °С, утворюючи оксид урану  $U_3O_8$ . Уран та його сполуки, крім радіоактивних властивостей має токсичні властивості. Уран, у разі потрапляння всередину організму людини накопичуючись там і має подвійний вплив: радіаційне ураження тканин, яке може призвести до хронічної променевої хвороби та токсичне, характерне для отруєння важкими металами.

Україна входить у десятку країн, які дають 94 % світового видобутку урану.

Природний уран складається з ізотопу уран-238 (99,2739 %), ізотопу уран-235 (0,7204 %) та ізотопу уран-234 (0,0057 %).

Існують штучно створені ізотопи урану з яких найбільш використовуваним є ізотоп уран-233.

Ядра урану при взаємодії з нейтронами можуть ділитися з утворенням 2 ядер хімічних елементів середини періодичної таблиці хімічних елементів Д. Менделєєва. При цьому випромінюється 2-3 нейтрона та приблизно 200 МеВ теплової енергії.

Ядра ізотопу уран-238 діляться тільки при поглинанні нейтронів з енергією більшою ніж 1 МеВ.

Ядра ізотопів уран-235 та уран-233 діляться при взаємодії з нейтронами різних енергій, включаючи теплові нейтрони. Саме цей факт дозволив використовувати уран-235 та уран-233 як паливо в ядерних реакторах та як вибухівку в ядерній зброї. Для цього необхідно збагатити уран ізотопом уран-235 або отримати в реакторах уран-233 як продукт опромінення нейтронами торію-232.

У процесі збагачення урану ізотопом уран-235 утворюється як збагачений уран, так і збіднений уран (з вмістом ізотопу уран-235 нижче, ніж в природному урані).

Українські АЕС використовують уран, збагачений за ізотопом уран-235.

Збіднений уран використовується для радіаційного захисту. Крім того, враховуючи його питому масу, що втричі більша за сталь, збіднений уран застосовується як баластна маса в рульових поверхнях літальних апаратів, високошвидкісних роторах гіроскопів, великих маховиках, як баласт в космічних спускових апаратах і гоночних яхтах, болідах «Формули-1», при свердлінні нафтових свердловин.

Найбільш відоме застосування збідненого урану як сердечника бронебійних снарядів. Процес руйнування броні супроводжується подрібненням у порошок уранового стрижня та займання урану на повітрі з іншого боку броні. Вперше уран в якості сердечника снаряда був застосований гітлерівською Німеччиною. Ще раз підкреслимо, що природний уран має дуже низьку радіоактивність, а збіднений уран має активність в 2 рази меншу ніж природний уран.

До ядерних матеріалів відноситься також плутоній, який існує в природі в мізерних кількостях, але який напрацьовується в ядерних реакторах в результаті захоплення нейтрона ядром ізотопу уран-238. Хімічний елемент плутоній займає 94 місце в періодичній системі хімічних елементів. *Плутоній* важкий і крихкий радіоактивний матеріал сріблясто-білого кольору. Унікальна здатність плутонію полягає в тому, що він при нагріванні від 310 до 480 °С не розширюється, а стискається.

Із всіх ізотопів плутонію найбільш важливий ізотоп плутоній-239, період напіврозпаду якого складає 24000 років. Цей ізотоп здатний до ланцюгової реакції ділення під дією нейтронів з виділенням енергії. Енергія, що виділяється при діленні ядер 1 грама плутонію-239 еквівалентна теплоті, що виділяється при згоранні 4 тон вугілля! Плутоній-239 дуже високоактивний, для роботи з ним потрібний ефективний радіаційний захист. Питома радіоактивність плутонію-239 складає 0,063 Кі/г, а питома радіоактивність природного урану складає 0,000067 Кі/г.



Ізотопи плутонію, як і урану, є альфа-розпадниками, тобто випромінюють альфа-частинки, кожен ізотоп має свій дискретний спектр альфа-частинок. Енергія, що вивільнюється в результаті альфа-розпаду ізотопів урану та плутонію знаходиться в діапазоні від 2 МеВ до 9 МеВ, а її основна частина припадає на альфа-частинку у вигляді кінетичної енергії частинки. Так, ізотоп уран-238 в результаті альфа-розпаду перетворюється в ізотоп торій-234 з випромінюванням альфа-частинок з енергіями 4,151



MeV і 4,198 MeV. Ізотоп плутонію-239 в результаті альфа-розпаду перетворюється в ізотоп уран-235 з випромінюванням альфа-частинок з енергіями 5,105 MeV, 5,144 MeV та 5,157 MeV.

Ізотопи плутонію застосовуються в різних сферах науки та техніки. Ізотоп плутоній-239, перш за все, використовується як ядерна вибухівка в ядерній зброї, а також як паливо реакторів (передусім у реакторах на швидких нейтронах). Ізотопи плутоній-236 та плутоній-238 застосовуються для виготовлення атомних електричних батарейок, термін служби яких складає декілька років. Такі батарейки застосовуються в кардіостимуляторах. Застосовують ізотоп плутоній-238 також у радіоізотопних термоелектрогенераторах (РТЕГ), що сконструйовані для роботи в умовах космосу.



Плутоній, як і будь-який важкий метал, хімічно токсичний, але цей ефект мізерний порівняно з його радіаційною токсичністю. Так, поглинання 0,5 г плутонію-239 (дрібно подрібненого) призведе до смерті через декілька днів або тижнів, а вдихання 0,1 г плутонію у вигляді порошинок розміром 1-3 мікрона призведе до смерті за 1-10 днів у результаті опромінення внутрішніх органів.

Під час роботи енергетичних чи дослідницьких реакторів у паливних збірках напрацьовується значна кількість ізотопів плутонію. Так, в реакторах ВВЕР-1000 у відпрацьованому ядерному паливі накопичується 10,5 кг плутонію на 1 тону палива, в ці 10,5 кг входить приблизно 7 кг ізотопів плутонію, що діляться (плутоній-239 та плутоній-241). У відпрацьованому ядерному паливі реакторів напрацьовується не тільки плутоній. У результаті ділення ядер ізотопів уран-235 та плутоній-239 в таблетках ядерного палива напрацьовується велика кількість радіоактивних ізотопів з різним періодом напіврозпаду від долі секунди до десятків тисяч років.

У таблиці 1.1. наведені довгоживучі радіонукліди, їх періоди напіврозпаду та активність в одній тонні відпрацьованого палива на момент вивантаження з активної зони реактора. У таблиці наводяться радіаційні характеристики тих ізотопів чорнобильського викиду, які ще багато, багато років будуть вносити свій вклад у формування радіаційного фону.

Таблиця 1.1. Характеристика довгоживучих продуктів ділення на момент вивантаження відпрацьованого ядерного палива із активної зони

Ізотоп	Період напіврозпаду, $T_{1/2}$ , років	Активність ізотопу в Бк/тону урану
Самарій-151	93	$7,2 \times 10^{12}$
Стронцій-90	28,64	$3,9 \times 10^{15}$
Цезій-137	30,17	$4 \times 10^{15}$
Технецій-99	$2,1 \times 10^5$	$5,6 \times 10^{11}$
Олово-126	$2,3 \times 10^5$	$5 \times 10^9$
Селен-126	$4,8 \times 10^5$	$1,4 \times 10^{10}$
Цирконій-93	$1,5 \times 10^6$	$8,0 \times 10^{16}$
Цезій-135	$2,3 \times 10^6$	$1,5 \times 10^{10}$
Паладій-107	$6,5 \times 10^6$	$4,4 \times 10^8$
Йод-129	$1,6 \times 10^7$	$9,2 \times 10^8$

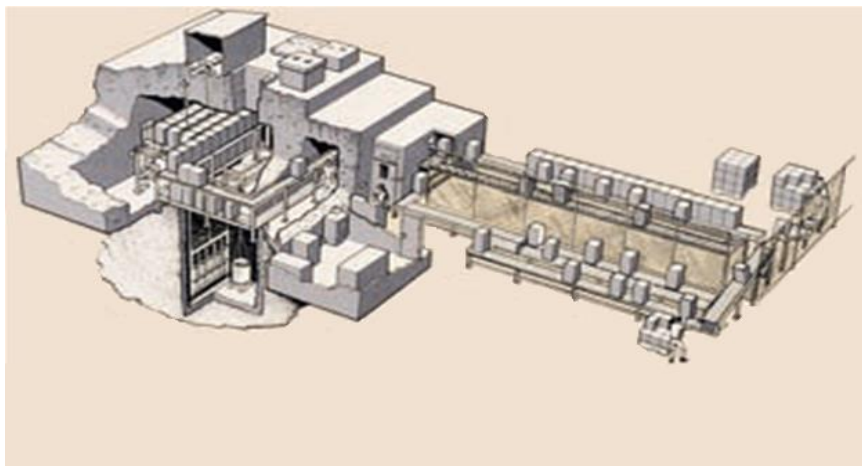
Радіонукліди, що утворюються в результаті ділення ядер ізотопів урану та плутонію, в одних випадках відносять до радіоактивних відходів, а в інших випадках їх використовують в медицині, промисловості, сільському господарстві, військовій справі.

Серед усіх штучно створених радіоактивних ізотопів найбільше використовується в даний час ізотоп кобальт-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), який утворюється в результаті поглинання нейтронів ядрами природного ізотопу кобальт-59. Загальне виробництво ізотопу кобальт-60 у світі на сьогодні складає 75 мільйонів Кі на рік ( $2,8 \times 10^{18}$  Бк). Період напіврозпаду ізотопу кобальт-60 складає 5,27 року і є оптимальним з точки зору його захоронення, адже дозволяє не споруджувати для захоронення відпрацьованого джерела сховище підземного захоронення, а лише зберігати відпрацьоване джерело в приповерхневому сховищі.



*Кобальтова руда*

Основним застосуванням ізотопу кобальт-60 є стерилізація медичних виробів, продуктів харчування. Стерилізація проводиться на спеціальних установках, основним елементом яких є джерело кобальт-60 активністю 2 – 5 мільйонів кюрі (є установки з кобальтовим джерелом до 15 мільйонів кюрі). Спеціальні конвеєри переміщують предмети, що стерилізуються, навколо радіоактивного джерела. Для типового панорамного стерилізатора час опромінення різних предметів може коливатися від декількох секунд (стерилізація комах) до 10 годин (стерилізація хірургічного інструменту). При цьому в камері стерилізації може знаходитися до декількох тон продукту, що стерилізується.



*Типова промислова стерилізаційна установка з гамма-джерелом  
(фото: Комісія з ядерного регулювання США)*



Типові джерела для промислової стерилізації. На рис. показані елементи з кобальтом у металевій формі (фото: «REVISS»). Приблизні розміри: 11 мм у діаметрі × 450 мм завдовжки; звичайна активність нового джерела  $^{60}\text{Co}$ : 444 ТБк (12 кКі)



Типові джерела для промислової стерилізації (фото: «REVISS»). Приблизні розміри: 35 мм у діаметрі × 720 мм завдовжки; звичайна активність нового джерела  $^{60}\text{Co}$ : 1,85 ПБк (50 кКі)



Різноманітні джерела  $^{60}\text{Co}$  для опромінювачів (фото: «REVISS»)

У промисловості кобальт-60 застосовується в товщиномірах, густиномірах, гамма-дефектоскопії, опроміненні пластикових полімерів для поліпшення їх характеристик. Кобальт-60 використовується в медицині при терапії раку, а також застосовують в гамма-ножах й брахітерапії.

*Примітка:*

**Гамма-ніж** – це пристрій для радіохірургії головного мозку. Перевага ізотопу кобальт-60 перед іншими радіоізотопами полягає в тому, що для гамма-ножа потрібна висока енергія гамма-променів (для кобальт-60 це 1,3 МеВ), які слабо поглинаються біологічною тканиною, та моноенергетичність випромінювання;

**Брахітерапія** – ввід в пухлину декількох капсул із радіоізотопом для внутрішнього опромінення, особливо для випадків, коли потрібне джерело з гамма-випромінюванням високої енергії.



Сучасні апарати дистанційної променевої терапії





*Апарат дистанційної променевої терапії зі змінним контейнером радіоактивного джерела (білого кольору)*



*Робочі органи апаратів дистанційної променевої терапії старих конструкцій з джерелами  $^{60}\text{Co}$*



*Апарат дистанційної променевої терапії*



*Джерело  $^{60}\text{Co}$  для дистанційної променевої терапії у вольфрамовому контейнері*



*Капсула з джерелом для гамма-ножа (фото: «Elekta»)*



*Різноманітні джерела  $^{60}\text{Co}$  для дистанційної променевої терапії з відповідною арматурою для завантаження до робочого органу апарату променевої терапії (фото: «REVISS Services (UK) Ltd»).*

У науці ізотоп кобальт-60 використовується при дослідженні змін властивостей матеріалів під впливом потужних полів гамма-випромінювання. Кобальт-60 є одним з метрологічних стандартів, із допомогою яких відбувається калібрування апаратури для вимірювання потужності гамма-випромінювання.

Не слід думати, що ізотоп кобальт-60 є єдиним джерелом, що широко використовується в різних сферах людської діяльності. Так, конкурентом кобальту-60 є ізотоп цезій-137, ізотоп натрій-22, коли ці джерела використовуються в товщиномірах чи густиномірах; ізотоп селен-75 та ізотоп іридій-192, коли ці ізотопи використовуються в гамма-дефектоскопії.

Усі радіоізотопи діляться на два класи:

- ✓ ізотопи природного походження;
- ✓ ізотопи штучного походження.

Радіоактивні ізотопи природного походження наявні в оточуючому природному середовищі. В організмі людини знаходяться такі радіонукліди природного походження як ізотоп калій-40 ( $T_{1/2}=1,4 \times 10^9$  років), ізотоп рубідій-87 ( $T_{1/2}=4,8 \times 10^{10}$  років), ізотопи радон-220 ( $T_{1/2}=54$  с) і радон-222 ( $T_{1/2}=3,8$  с), ізотоп радій-226 ( $T_{1/2}=1600$  років), ізотоп вуглець-14 ( $T_{1/2}=5,7 \times 10^3$  років).

Крім ізотопів природного походження в організмі людини є ізотопи штучного походження, наприклад, той же ізотоп вуглець-14, який утворився в результаті опромінення атмосферного азоту тепловими нейтронами від ядерних і термоядерних вибухів. В організм людини штучні радіоізотопи потрапляють при різних ситуаціях – у разі радіаційної аварії, в результаті споживання продуктів, що виростили на забруднених радіоактивними ізотопами територіях, внаслідок ядерних випробувань чи радіаційних аварій. Такі радіоізотопи, залежно від своїх хімічних властивостей, накопичуються в тих чи інших тканинах і органах організму людини. Так, ізотопи йод-124, йод-131, технецій-99 накопичуються в щитоподібній залозі, а ізотопи цезій-134 і цезій-137 в нирках. Накопичення тих чи інших радіонуклідів в організмі людини призводить до внутрішнього опромінення людини, а наявність радіонуклідів в оточуючому людину середовищі призводить до зовнішнього опромінення людини.

## 2. ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ЛЮДИНУ Й ДОВКІЛЛЯ

Вплив іонізуючого випромінювання (радіації) на людський організм називається *опроміненням*.

У разі опроміненні живої тканини іонізуючим випромінюванням можна виділити 4 фази:

- ✓ фізична (триває  $10^{-13}$  с) – збудження та іонізації атомів і молекул живої тканини,
- ✓ фізико-хімічна (триває  $10^{-10}$  с) – утворення вільних радикалів, які при взаємодії з іншими молекулами речовини утворюють вторинні радикали, які мають значно більшу тривалість життя
- ✓ хімічна (триває  $10^{-6}$  с) вторинні радикали взаємодіючи з органічними молекулами клітин змінюють їх біологічні властивості
- ✓ біологічна (тривалість від годин до всього життя) – хімічні зміни молекул викликають зміни на рівні клітин організму, тканин організму, органів і організму в цілому.

Перші 3 фази є первинними і визначають подальший розвиток променевого ураження організму.

Кількісною мірою впливу радіації на клітини організму людини є доза радіації. Величина дози радіації залежить від кількості поглиненої радіаційної енергії окремим органом людини чи всім тілом.

Відношення енергії, що передана іонізуючим випромінюванням речовині в певному об'ємі, до маси речовини в цьому об'ємі називають *поглиненою дозою (D)*:

$$D=dE/dm$$

Одиницею виміру поглиненої дози в системі СІ є грей (Гр). 1 Гр дорівнює поглиненій дозі, при якій опроміненій речовині масою 1 кг передається енергія іонізуючого випромінювання в 1 Дж. Позасистемна одиниця – рад. 1 Гр = 100 рад.

Уздовж траєкторії руху зарядженої частинки чи гамма-кванта в речовині утворюються іонізовані молекули чи атоми, так званій, *іонний трек*. Сама поглинена доза не свідчить про будь-яку можливу біологічну реакцію. Важливим є не тільки кількість іонів, що утворюються в одиниці маси біологічної тканини, а й те, як ці іони розподіляються вздовж іонного треку. Величина, що показує, яка кількість енергії була передана в актах взаємодії випромінювання і речовини на одиницю довжини іонного треку, називають *лінійним передаванням енергії (ЛПЕ)*. Одиниця виміру – кілоелектронвольт на мікрометр (кеВ/мкм). Чим більше ЛПЕ, тим більше щільність розподілу іонів уздовж треку. При однаковій величині поглиненої дози опромінення від різних видів радіації в речовині утворюється одна й та ж кількість іонізованих атомів і молекул, але при цьому просторовий розподіл іонів в опроміненому об'ємі буде залежати від значень ЛПЕ (при низьких значеннях ЛПЕ більш рівномірне, ніж при високих).

Доза в 1 Гр альфа-випромінювання приблизно у 20 разів є більш небезпечною для організму, ніж доза в 1 Гр гамма-випромінювання. Отже, гамма-випромінювання створює відносно менший біологічний ризик, ніж альфа-випромінювання. Гамма-

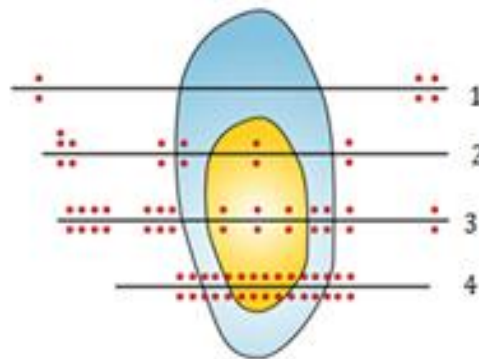


Рис.2.1 Схема розподілу іонів вздовж треку: гамма-кванта (1), електрона високої енергії (2), електрона середньої енергії (3), альфа-частинки (4)

випромінювання ушкоджує клітини тканини тільки в окремих місцях і тому тканина може відновлювати більшість ушкоджень. Однак, важкі й відносно великі альфа-частинки на невеликій площі призводять до серйозних ушкоджень клітин, що не відновлюються.

Ступінь біологічного ризику, створюваного різними видами випромінювання, може бути розрахований шляхом помноження величини поглиненої дози випромінювання на *радіаційний зважувачий фактор* ( $W_R$ ). Радіаційний зважувачий фактор – це коефіцієнт, що показує в скільки разів даний вид випромінювання викликає більший біологічний ефект, ніж гамма-випромінювання,  $W_R$  якого приймається за 1 (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 Значення радіаційних зважувачих факторів ( $W_R$ )

Вид випромінювання	$W_R$
Фотони, усі енергії	1
Електрони й мюони, усі енергії	1
Протони з енергією > 2 МеВ	5
Нейтрони з енергією < 10 кеВ	5
з енергією 10-100 кеВ	10
з енергією від 100 кеВ до 2 МеВ	20
з енергією 2-20 МеВ	10
з енергією > 20 МеВ	5
Альфа-випромінювання, ядра віддачі	20

Для врахування типу випромінювання, під вплив якого потрапила людина, вводиться поняття *еквівалентної дози* (Н). Величина еквівалентної дози отримується шляхом помноження величини поглиненої дози на відповідний радіаційний зважувачий фактор:

$$H = D \cdot W_R$$

Еквівалентна доза позначається в зівертах (Зв). 1 Зв – це кількість енергії будь-якого виду випромінювання, поглиненої в 1 кг біологічної тканини, що створює такий же біологічний ефект, як і поглинена доза в 1 Гр гамма-випромінювання. Оскільки зіверт (Зв) є відносно великою одиницею виміру, то часто використовують мілізіверт (мЗв). Позасистемна одиниця – бер. 1 Зв = 100 бер.

### Ефективна доза

У багатьох випадках, наприклад, як при фоновому опроміненні, радіаційна доза розподіляється рівномірно по всьому тілу.

Опромінення може бути також спрямоване на обмежену область тіла (наприклад, променева терапія) чи окремі органи (наприклад, опромінення шкіри бета-випромінюванням). У разі рівномірного опромінення всього тіла інтенсивність прояву радіобіологічного ефекту інша, ніж у випадку, коли опроміненню піддається окремий орган чи тканина. У разі опромінення окремого органу для досягнення такого ж ефекту, як у разі опромінення всього тіла, потрібні більші дози.

Оскільки різні органи людини мають різну чутливість до дії радіації, то, щоб показати рівнозначні ризики опромінення будь-якого конкретного органу й опромінення всього тіла, застосовується коефіцієнт – *тканинний зважувачий фактор* ( $W_T$ ) (табл.2.2).

Якщо величину еквівалентної дози (Н) помножити на відповідний коефіцієнт тканинного зважувачого фактору, то отримана величина буде називатися *ефективною дозою* (Е):

$$E = H \cdot W_T$$

Таблиця 2.2 Значення тканинних зважуючих факторів ( $W_T$ )

Тканина орган	$W_T$
Статеві органи	0,20
Червоний кістковий мозок	0,12
Товста кишка	0,12
Легені	0,12
Шлунок, кишечник	0,12
Сечовий міхур	0,05
Молочні залози	0,05
Печінка	0,05
Стравохід	0,05
Щитоподібна залоза	0,05
Шкіра	0,01
Поверхневий шар кісток	0,01
Решта органів	0,05

Отже, узагальнити основні характеристики різних понять доз опромінення можна так:

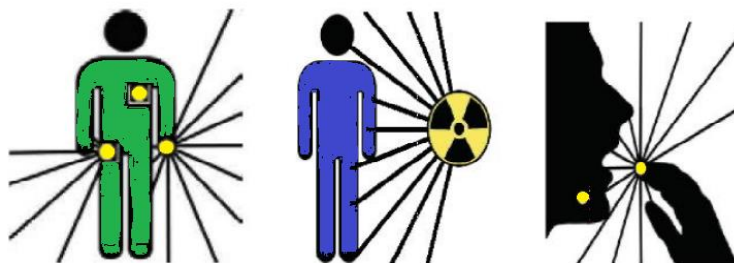
Доза	Вид іонізуючого випромінювання	Радіочутливість різних органів людини
Поглинена, Гр	Не враховується	Не враховується
Еквівалентна, Зв	Враховується	Не враховується
Ефективна, Зв	Враховується	Враховується

У разі рівномірного опромінення всього тіла людини – ефективна доза дорівнює еквівалентній дозі.

Опромінення організму може бути зовнішнім і внутрішнім.

**Зовнішнє опромінення** – опромінення всього організму людини чи окремих його частин іонізуючим випромінюванням, джерела якого знаходяться поза людським організмом.

**Внутрішнє опромінення** – опромінення організму, окремих його органів і тканин іонізуючим випромінюванням від джерел, що знаходяться всередині організму *людини*. *Джерела можуть потрапити в організм людини* через органи дихання (інгаляційний шлях), шлунково-кишковий тракт і шкірні покриви.



Потрібно знати, що іонізуюче випромінювання зустрічається в навколишньому природному середовищі повсюди й людина підпадає під дію іонізуючого випромінювання постійно, де б вона не знаходилася, і це нормально.

Космічне випромінювання і випромінювання природних радіонуклідів, що знаходяться в поверхневих шарах Землі, продуктах харчування, воді й організмі людини, називається *природним фоном іонізуючого випромінювання*.

Розглянемо ці види іонізуючого випромінювання більш детально.



### Космічне іонізуюче випромінювання

Первинне космічне випромінювання, що потрапляє на Землю з Галактики, взаємодіючи з атомами елементів, що знаходяться в атмосфері Землі, породжує вторинне космічне випромінювання. Інтенсивність опромінення на борту літака (у 20 разів вища) чи на вершині гори значно вища, ніж на рівні моря. Так, на рівні моря середньорічна доза становить приблизно 0,3 мЗв, на висоті 2000 м – приблизно 0,9 мЗв. За рахунок космічного випромінювання середньорічна доза опромінення для людей які мешкають в Україні:

- на рівнинній території – **0,3 мЗв**;
- у гірській місцевості – **0,6 – 0,8 мЗв**.

Космічному опроміненню піддається вся поверхня Землі. Однак, це опромінення нерівномірне. Інтенсивність космічного випромінювання залежить від:

- ✚ сонячної активності;
- ✚ географічної широти;
- ✚ висоти над рівнем моря.

Космічне випромінювання є найбільш інтенсивним на Північному й Південному полюсах, найменш інтенсивним – в екваторіальних областях. Причина цього – магнітне поле Землі, що відхиляє заряджені частки космічного випромінювання.

### Іонізуюче випромінювання від радіонуклідів земного походження

Зараз на Землі існує 23 радіоактивних елементи з періодами напіврозпаду більш, ніж  $10^7$  років (уран-238, торій-232, калій-40, ванадій-50 тощо).

*Середня ефективна доза зовнішнього опромінення, яку людина отримує за рік від радіонуклідів земного походження, становить близько **0,65 мЗв**, тобто приблизно у два рази більше середньої індивідуальної дози, обумовленої опроміненням космічного фону на рівні моря.*

Рівень опромінення від радіонуклідів земного походження також не однаковий у різних місцях Землі:

В Ірані, в районі м.Рамсер (радієві джерела) рівні радіації досягають 400 мЗв за рік, у Бразилії, 200 км на північ від м.Сан-Паулу, є височина, де рівень радіації у 800 разів перевершує середній і досягає 250 мЗв у рік, а на пляжах м. Гуарапари доза опромінення досягає 175 мЗв за рік. В Індії є вузька прибережна смуга (55 км), піски якої багаті торієм, середня доза опромінення мешканців тих місць за рік становить 3,8 мЗв.

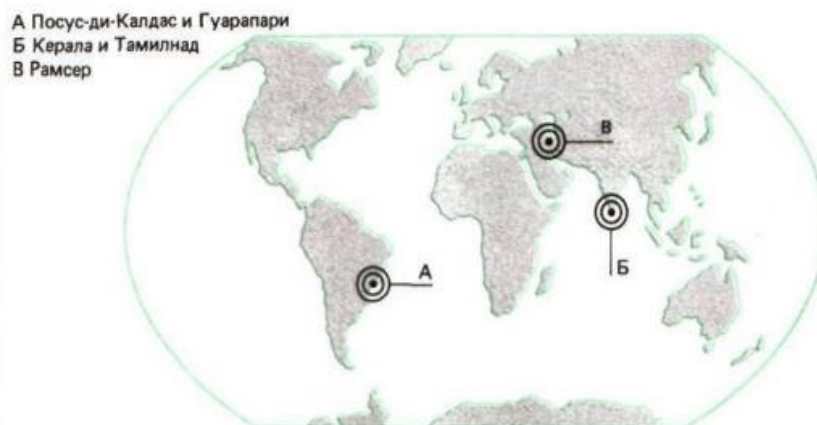


Рис. 2.2 Аномальні місця на Землі з високим природним радіаційним фоном від джерел земного походження

У разі перебування людини в приміщенні, доза зовнішнього опромінення змінюється за рахунок двох протилежно діючих чинників:

- 1 – екранування зовнішнього випромінювання будинком;
- 2 – опромінення за рахунок природних радіонуклідів, що перебувають у матеріалах, з яких побудований будинок.

Залежно від концентрації ізотопів  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  у різних будівельних матеріалах потужність дози в будинках змінюється. У цегляних, кам'яних, бетонних будинках потужність дози радіації в середньому у 2–3 рази вища, ніж у дерев'яних.

Значний внесок у рівень фонового опромінення робить радон ( $\text{Rn}$ ) – газ, що утворюється в результаті розпаду радію. Радон повсюдно піднімається на поверхню із земної кори, але його концентрація в оточуючому повітрі істотно різниться для різних точок Земної кулі. Більшу частину дози опромінення від радону людина отримує, перебуваючи в закритому приміщенні (приблизно у 8 разів більше, ніж на свіжому повітрі). Радон у 7,5 разів важчий за повітря. Як наслідок, концентрація радону на верхніх поверххах будинків, зазвичай, нижча, ніж на першому поверсі. Для того, щоб радон не накопичувався в приміщеннях, обов'язково повинні встановлюватися системи вентиляції. Радон міститься в багатьох будівельних матеріалах. Велику питому радіоактивність мають граніт, пемза, шлаки й низка інших матеріалів. Радон надходить у житлові приміщення також з природного газу й води.

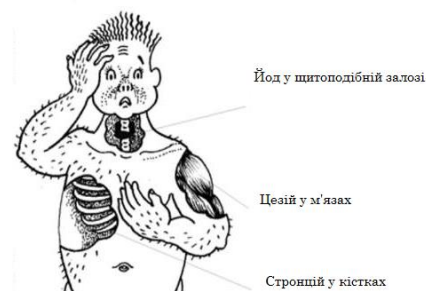
В організмі людини постійно присутні радіонукліди земного походження, що надходять через органи дихання і травлення (таблиця 1.3). Найбільший внесок у формування дози внутрішнього опромінення вносять  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  і нукліди рядів розпаду  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{238}\text{U}$  і  $^{232}\text{Th}$ . Майже  $\frac{3}{4}$  річної дози дають радон і продукти його розпаду.

Тіло людини містить приблизно 2 мг калію на 1 кг ваги, що приблизно еквівалентно питомій активності 60 Бк/кг. Якщо вага людини 100 кг, то приблизно 6000 атомів  $^{40}\text{K}$  розпадається щосекунди в її тілі, викликаючи бета- і гамма-опромінення. Середня доза від інкорпорованого в тілі  $^{40}\text{K}$  становить приблизно 0,2 мЗв за рік.

Значний внесок у дозу внутрішнього опромінення людини роблять риба й морепродукти (свинець-210 і полоній-210). Доза внутрішнього опромінення мешканців Крайньої Півночі може в 35 разів перевищувати середній рівень внутрішнього опромінення мешканців середніх широт Землі. Це пов'язано з тим, що вони в основному харчуються м'ясом північного оленя (карибу), в якому в досить високій концентрації присутній полоній-210. Цей ізотоп потрапляє в організм оленів узимку, коли вони харчуються лишайниками, в яких накопичуються полоній.

Мешканці Західної Австралії в місцях з підвищеною концентрацією урану, отримують дози опромінення, що в 75 разів перевищують середній рівень, оскільки їдять м'ясо й кишки овець і кенгуру.

Як добрива, щорічно використовується кілька десятків мільйонів тон фосфатів. Більшість розроблюваних у даний час фосфатних родовищ містять уран і радіоізотопи його розпаду. Радіоізотопи, що містяться в добривах, проникають з ґрунту в харчові продукти, тим самим призводячи до підвищення радіоактивності продуктів харчування.





У таблиці 2.3 наведені місця накопичення радіонуклідів природного походження в організмі людини.

Таблиця 2.3 Місця накопичення радіонуклідів в організмі людини

Щитоподібна залоза	$^{129}\text{I}$ , $^{131}\text{I}$ , $^{99}\text{Tc}$
Легені	$^{85}\text{Kr}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{222}\text{Rn}$ , $^{233}\text{U}$ , $^{133}\text{Xe}$ , $^{135}\text{Xe}$
Печінка	$^{137}\text{Cs}$ , $^{58}\text{Co}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{239}\text{Np}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Pu}$
Кістки	$^{140}\text{Ba}$ , $^{14}\text{C}$ , $^{154}\text{Eu}$ , $^{155}\text{Eu}$ , $^{32}\text{P}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Pu}$ , $^{147}\text{Pm}$ , $^{226}\text{Ra}$ , $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{234}\text{Th}$ , $^{233}\text{U}$ , $^{90}\text{Y}$ , $^{65}\text{Zn}$
Селезінка	$^{210}\text{Po}$
Нирки	$^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{106}\text{Ru}$
М'язи	$^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{154}\text{Eu}$ , $^{155}\text{Eu}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{42}\text{K}$
Шкіра	$^{35}\text{S}$

Середня доза внутрішнього опромінення за рахунок радіонуклідів земного походження на рік становить **1,35 мЗв**.

У таблиці 2.4 можна бачити, яку долю у відсотковому відношенні становлять окремі природні джерела іонізуючого випромінювання в річній дозі опромінення людини.

Таблиця 2.4 Джерела й дози опромінення людини від радіонуклідів природного походження

Джерело опромінення	Річна доза опромінення, мЗв	Частка джерела в річній дозі опромінення, %
Радон	0,95 – 1,25	47,5
Калій-40	0,26 – 0,36	14
Космічні промені	0,5	16
Уран + радій	0,26	12
Торій + радій	0,23	10,5
Разом	2,2 – 2,6	100

Сумарна доза зовнішнього й внутрішнього опромінення від радіонуклідів природного походження в середньому дорівнює **2,4 мЗв** за рік.

#### *Іонізуюче випромінювання від джерел, створених людиною*

За останні десятиліття людство створило кілька тисяч ізотопів різних елементів і використовує їх у наукових дослідженнях, промисловості, медицині. На сьогодні основну частку дози, отриманої від джерел, створених людиною, складає радіоактивне опромінення під час діагностики та лікування – у середньому 1,0 мЗв за рік. У промислово розвинених країнах воно становить приблизно 2,5 мЗв за рік.

Нормальна експлуатація 440 ядерних блоків АЕС у світі вносить незначний вклад у сумарну дозу населення – лише 0,01 мЗв за рік.

Випадання радіоактивних речовин унаслідок випробувань ядерної зброї до 1962 року призвело до істотного забруднення біосфери. Зараз вклад у сумарну дозу від цього фактору становить менше 0,01 мЗв за рік.

Потрібно розуміти, що індивідуальні дози, отримані людьми від штучних джерел радіації, сильно різняться. У більшості випадків ці дози незначні, але іноді опромінення

за рахунок техногенних джерел виявляється у багато тисяч разів інтенсивніше, ніж за рахунок природних.

Отже, маючи уявлення про фонові рівні опромінення людей розглянемо особливості впливу радіації на організм людини в дозах, що перевищують фонові. На даний час радіобіологією накопичена велика інформація про закономірності впливу радіації, як на організм в цілому, так і на окремі його органи й тканини.

Залежно від тривалості впливу радіації розрізняють гостре й хронічне опромінення.

**Гостре** – однократна короткочасна дія іонізуючого випромінювання з великою потужністю дози.

**Хронічне** – постійна чи переривчаста дія іонізуючого випромінювання протягом тривалого часу.

Дія радіації на організм призводить до низки специфічних ефектів. У разі опромінення людини можна чекати виникнення соматичних і генетичних ефектів.

**Соматичні ефекти** – проявляються безпосередньо в опроміненій людині. До соматичних ефектів відносяться променева хвороба й локальні ушкодження окремих органів і тканин, а також віддалені наслідки (скорочення тривалості життя, виникнення онкологічних захворювань тощо) (рис.2.3).



Рис. 2.3 Приклади соматичних ефектів опромінення цезієм-137 (м.Гоянія, Бразилія, 1987р.)

**Генетичні ефекти** – це результат опромінення геному зародкових клітин. Примітка: *геном* – це сукупність усієї спадкової генетичної інформації організму. Генетичні ефекти проявляються в нащадків опромінених людей у вигляді вроджених каліцтв і порушень, що передаються спадково.

Експертні оцінки показують, що при хронічному опроміненні людей в продовж 30 років в дозі 1 Гр серед їх нащадків виявляється приблизно 2000 випадків генетичних захворювань на кожен мільйон народжених.



Рис. 2.4. Генетичне захворювання гемофілія

Залежно від величини дози радіації, яку отримала людина, можуть виникати *детерміністичні (тканинні реакції) й стохастичні ефекти*. Прийнято величини доз, що викликають детерміністичні ефекти, виражати в греях, а стохастичні ефекти – у мілізівертах.

Імовірність виникнення шкідливих ефектів завжди росте зі збільшенням дози опромінення. Якщо тяжкість ефектів опромінення зростає зі збільшенням дози й виявляються вони, починаючи з якоїсь певної дози опромінення (так званої порогової), то такі ефекти називаються *детерміністичними*. До детерміністичних ефектів відносяться променева хвороба, косметичні uszkodження шкіри, помутніння кришталика ока (променева катаракта), захворювання системи кровообігу, серцево-судинні захворювання, дистрофічні uszkodження різних тканин тощо. Наприклад, доза 0,5 Гр гамма-випромінювання є пороговою для радіоіндукованої катаракти, захворювань серцево-судинної системи й кровотворної системи, а 1 Гр – для променевої хвороби.

*Променева хвороба людини* – хвороба, виникаюча внаслідок впливу різних видів іонізуючого випромінювання і яка характеризується симптоматикою, що залежить від виду вражаючого випромінювання, дози опромінення, локалізації джерела випромінювання, розподілом дози в часі й у тілі людини.

Лікарі розрізняють гостру променеву хворобу й хронічну променеву хворобу.

Гостра променева хвороба виникає при зовнішньому відносно рівномірному опроміненні починаючи з дози 1 Гр протягом короткого проміжку часу (до 3 діб).

Залежно від дози опромінення людини вчені виділяють 6 клінічних форм гострої променевої хвороби, а саме:

1. Кістковомізкова. Доза опромінення 1-6 Гр.
2. Перехідна. Доза опромінення 6-10 Гр.
3. Кишкова. Доза опромінення 10-20 Гр.
4. Судинна. Доза опромінення 20-80 Гр.
5. Церебральна. Доза опромінення 80-120 Гр.
6. Миттєва смерть. Доза опромінення більше 120 Гр.

Нижче розглянемо ознаки кістковомізкової гострої променевої хвороби. Інші 5 клінічних форм, як такі, що закінчуються смертю опроміненої людини, розглядати не будемо.

Кістковомізкова гостра променева хвороба в залежності від дози опромінення тіла людини має 4 степені важкості, а саме:

1. Легка степінь. Доза опромінення 1-2 Гр.
2. Середня степінь. Доза опромінення 2-4 Гр.
3. Важка степінь. Доза опромінення 4-6 Гр.
4. Дуже важка степінь. Доза опромінення більше 6 Гр.

Для нас важливо знати симптоми початкового періоду кожної з 4 степенів кістковомізкової гострої променевої хвороби. Ці симптоми наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 Симптоми кістковомішкової гострої променевої хвороби.

№ з/п	Симптоми	Легка степінь	Середня степінь	Важка степінь	Дуже важка степінь
1	Блювання	Відсутнє чи одноразове через 3 години і більше	Наступає через 1,5-2 години, 2 або більше рази	Наступає через 0,5-1,5 години, багаторазове	Настає менш ніж через 0,5 години, нестримне
2	Головний біль	Тимчасовий, помірний	Постійний, помірний	Сильний, тимчасовий	Постійний, сильний, запаморо-чення свідомості
3	Слабкість	Відсутня	Нестійка хода	Потрібна підтримка під час ходьби	Не може самостійно рухатися
4	Температура	Нормальна	Субфебрильна, близька до 37°C	Субфебрильна, близька до 38°C	Вища 38°C
5	Гіперемія* шкіри	Рум'янець щік	«Травневий загар»	Явна гіперемія	Інтенсивна гіперемія

\*Гіперемія – перепоповнення кров'ю кровеносної системи будь-якого органу чи ділянки тіла людини.

Хронічна променева хвороба розвивається в людини в результаті довготривалої дії іонізуючого випромінювання відносно в невеликих дозах, але перевищуючих допустимі рівні. При сумарній дозі до 1 Гр хронічна променева хвороба не розвивається. При сумарній дозі від 1 до 4 Гр розвивається легка й середня форми хронічної променевої хвороби. Якщо сумарна доза перевищує 4-5 Гр розвивається важка форма хронічної променевої хвороби. Встановлено, що хронічна променева хвороба розвивається через 2-5 років від початку опромінення людини у відносно невеликих дозах.

У випадку легкої форми хронічної променевої хвороби опромінений одужує через 7-8 місяців після припинення опромінення. При середній формі променевої хвороби вона (хвороба) протікає багато років, повного одужання після зупинення опромінення, як правило, не наступає.

При важкій формі у опроміненого неухильно прогресує і без належного лікування в більшості випадків закінчується смертю від ускладнень, наприклад, занесеної в організм людини інфекції.

Великі дози опромінення, що викликають тяжкі наслідки для здоров'я, можуть бути отримані тільки під час ядерної війни чи під час радіаційної аварії. Контрольовані локальні дози, що отримуються пацієнтом у процесі променевої терапії рака, також можуть бути досить великими, щоб створити розраховані й прийнятні тяжкі наслідки для здоров'я.

Отже, у діапазоні величин великих доз опромінення більші дози відрізняються від менших лише тим, що смерть у першому випадку настає раніше, а в другому – пізніше. Зрозуміло, найчастіше людина вмирає в результаті одночасної дії всіх зазначених наслідків опромінення.

Але необхідно знати, що ймовірність виникнення шкідливих наслідків опромінення людини існує за будь-яких малих доз опромінення. Відповідно до матеріалів Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ) до малих доз відносяться дози до 100 мЗв, а до низьких потужностей доз – потужності до 0,1 мЗв/хв.

Ефекти, що виникають у результаті опромінення людини в малих дозах називаються *стохастичними (імовірнісними)*. Вони не залежать від величини дози опромінення та є безпороговими. У разі опромінення людей у малих дозах можна очікувати виникнення таких стохастичних ефектів, як поява онкологічних чи спадкових захворювань. Відомо, що іонізуюче випромінювання з малою потужністю в малих дозах викликає низку специфічних реакцій клітини, які принципово відрізняються від дії великих доз, коли сильно опромінені клітини гинуть.

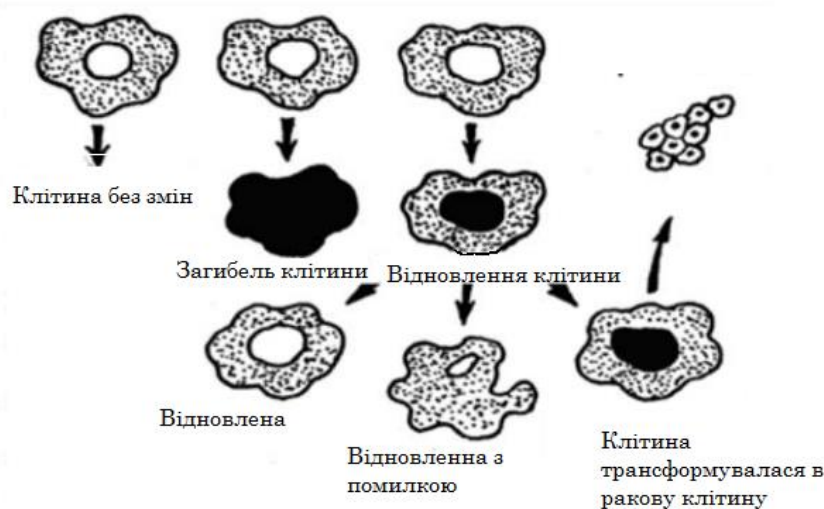


У разі проходження через живу клітину гамма-квант чи заряджена частинка може прямо ушкодити основну мішень радіації – молекулу ДНК чи опосередковано – у результаті розривів хімічних зв'язків у ДНК вільними радикалами, що виникли в результаті іонізації води.

**ДНК** – дезоксирибонуклеїнова кислота – молекула, що представляє собою величезну подвійну спіраль, знаходиться в ядрі клітини у складі хроматину й містить усю генетичну інформацію організму.

Саме на клітинному рівні починається руйнівна дія радіації.

Клітини людського організму мають систему відновлення ушкоджень. Відновлення (репарація) може бути повним і неповним, правильним і неправильним. У випадку неправильного (помилкового) відновлення клітина виживає, але в ній можуть виникнути певні пошкодження: аберації хромосом чи мутації генів. Крім функції відновлення на рівні клітин є ще одна функція, так звана пост променева програмувана загибель клітини (апоптоз). Апоптозну елімінацію клітин, що мають радіаційні ушкодження, можна розглядати як альтернативу репарації, тобто апоптозна загибель знижує частоту виникнення клітин, що несуть мутації.



Індуковані хромосомні аберації й генні мутації можуть призвести до, так званих, віддалених наслідків дії радіації. Якщо ушкодження виникло в статевій клітині – це може призвести до виникнення спадкових захворювань (вроджені катаракти, анемія, м'язова дистрофія, хвороба Дауна, діабет, астма, загалом більше 200 захворювань).





Якщо uszkodжена соматична клітина, то можуть виникнути такі віддалені наслідки опромінення, як скорочення тривалості життя, лейкози й інші онкологічні захворювання. Під впливом опромінення новоутворення можуть виникнути практично в усіх органах. Однак, найбільш частими є лейкоз, злоякісні пухлини шкіри, кісток, молочної залози. Щоб uszkodження молекули ДНК призвело до виникнення онкологічного захворювання, повинен відбутися збіг цілої низки обставин. При цьому рак, що виник у результаті опромінення,

нічим не відрізняється від раку, викликаного іншими чинниками. З іншого боку, якщо який-небудь вид раку виникає в багатьох опромінених у тому віці, коли він (рак), як правило, буває рідкісним, то робиться висновок, що причиною є опромінення (наприклад, рак щитоподібної залози в дітей після Чорнобильської аварії).

Дослідження захворюваності людей, які пережили атомні бомбардування Хіросіми й Нагасакі, яке охопило майже 100 тисяч осіб, показало, що найбільш тяжким наслідком опромінення людей в малих дозах є онкологічні захворювання.

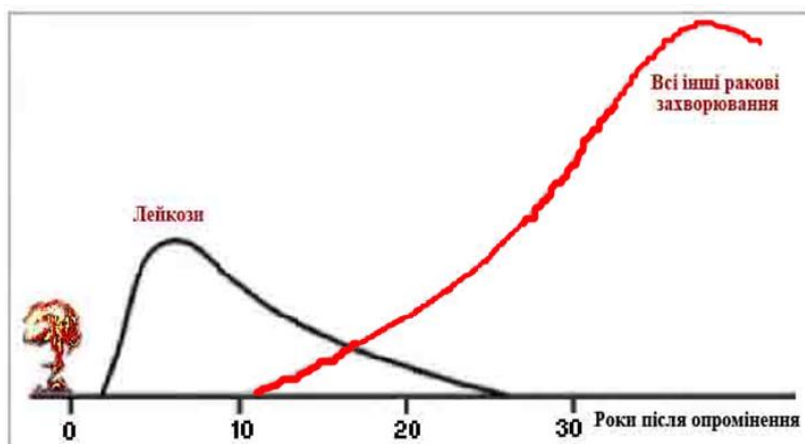
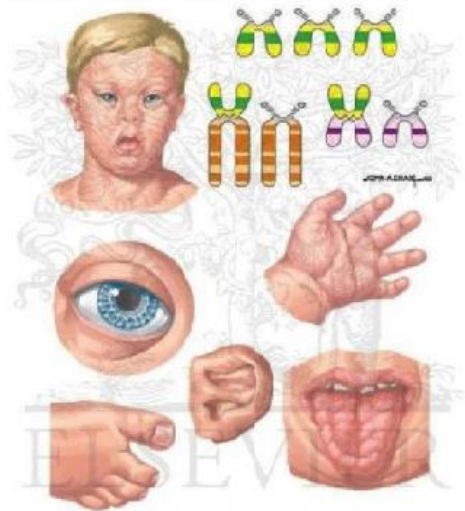


Рис. 2.7 Відносна середньостатистична ймовірність виникнення онкологічного захворювання після отримання дози в 10 мЗв при рівномірному опроміненні всього тіла

Дані, отримані японськими вченими, дозволяють простежити віддалений вплив опромінення в малих дозах в другому й третьому поколінні «хібакуся». Обстеження більш ніж тисячі дітей «хібакусі» (середній вік на момент дослідження 31 рік) показало, що ці діти порівняно з контрольною групою страждали на хвороби органів кровотворення в 10,5 разів частіше, хворобами печінки – у 10 разів частіше й хворобами дихальної системи у 3,3 рази частіше.

У публікації А.В.Яблокова «Миф о безопасности малых доз радиации: Атомная мифология» зібрані дані щодо наслідків опромінення в малих дозах радіації, які можна очікувати (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6 Наслідки опромінення в малих дозах

Поглинена доза, мГр	Наслідки опромінення
250	Тимчасова (на 2 – 6 міс.) стерильність жінок при разовому зовнішньому опроміненні. Загибель від раку 1 особи зі 100 при сумарному опроміненні за 70 років
150	Початок пригнічення сперматогенезу в чоловіків. Розвиток розумової відсталості при разовому опроміненні в утробі в період 8 – 15 тижнів після зачаття. Клінічно значуще придушення кровотворення в червоному кістковому мозку людини при разовому зовнішньому опроміненні
100	Зниження кількості сперматозоїдів у чоловіків на період до 1 року при разовому зовнішньому опроміненні. Виникнення каліцтв у новонароджених. Збільшення ризику смерті від лейкемії на 22% за сумарного опромінення за 70 років. Порушення властивостей клітинних мембран
30 - 100	Збільшення частоти аберацій хромосом у лімфоцитах
90	Почастішання випадків виникнення раку щитовидної залози
50	Ушкодження тимусу (загрудинної залози) людини. Смертність від солідних раків у групі, опроміненіх в дозах 60 – 190 мГр вище, ніж у групі опроміненіх в дозах до 50 мГр Поява вроджених вад розвитку людини
40	Підвищення смертності від різних раків при сумарному зовнішньому опроміненні за 30 років, порівняно з неопроміненим персоналом
30 – 50	Вдвічі більше несприятливих наслідків вагітності, ніж у контролі
16	Додаткові випадки лейкемії у людини
10	Зміни біохімічних процесів у клітині. Прискорення статевого дозрівання дівчат. Збільшення числа мертвонароджених. 50 – 350 спадкових аномалій у першому поколінні на 1 млн. новонароджених. Скорочення тривалості життя на 1 – 30 діб. Ураження головного мозку новонароджених при опроміненні в утробі. Збільшення смертності від усіх раків на кожні 10 мЗв, отримані після 45 років; через 10 років – на 4,98 %; через 20 років – на 7,3 %
5	Ефект фосфену (блискітки в очах) у людини
2	Поріг імовірності виникнення каліцтв у новонародженого при опроміненні області живота матері
0,05 - 0,007	Величина апроксимуючих мінімально діючих доз

Забезпечення радіаційного захисту в діапазоні малих доз опромінення насамперед орієнтоване на захист від радіаційно-індукованого раку й спадкових захворювань. Вважається, що ці ефекти мають імовірнісні природу й є безпороговими, а збільшення частоти їх виникнення прямо пропорційне приросту дози. При визначенні поняття ефективної дози та її обчисленні використання відповідних тканинних зважувачих факторів ( $W_T$ ) дозволяє врахувати відмінності чутливості різних органів і тканин до індукції стохастичних ефектів.

Поняття еквівалентної та ефективної дози не використовують для кількісної оцінки доз опромінення, що призводять до розвитку тканинних реакцій. У таких випадках дози оцінюють у поглинених дозах (у греях, Гр), але у разі дії випромінювання з високою ЛПЕ



(наприклад, нейтронів чи альфа-частинок) – у вигляді поглинених доз з врахуванням радіаційного зважуючого фактора ( $W_R$ ).

Отже, опромінення людей іонізуючим випромінюванням може призвести до заподіяння шкоди їх здоров'ю чи до їх загибелі. Аби максимально знизити вплив надфонового опромінення на людину потрібно дотримуватися норм і правил радіаційного захисту.

### 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЗДІЙСНЕННЯ ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ

Здійснення дозиметричного контролю спрямоване на вимірювання, оцінку й реєстрацію дози іонізуючого випромінювання (ІВ), отриманої людиною, а також рівня забруднення радіоактивними речовинами повітря, води, ґрунту, продуктів харчування.

Визначення поняття дозиметричний контроль надають «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України», отже:

*контроль дозиметричний (радіаційно-дозиметричний)* — система вимірювань та розрахунків, які спрямовані на оцінку доз опромінення окремих осіб або груп людей, а також радіаційного стану виробничого та навколишнього середовища.

Метою дозиметричного контролю є забезпечення радіаційної безпеки особового складу військових частин, персоналу ядерних установок й інших радіаційно-небезпечних об'єктів, населення.

Дозиметричний контроль в Україні ведеться відповідно до законів України й інших нормативно-правових актів, що стосуються використання ядерної енергії чи забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення. Так, Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» (стаття 3) наголошує, що кожна людина, яка проживає чи тимчасово перебуває на території України, має право на захист від впливу іонізуючого випромінювання. Це право забезпечується здійсненням комплексу заходів щодо запобігання впливу іонізуючого випромінювання на організм людини вище встановлених дозових меж опромінення, компенсацію за перевищення встановлених дозових меж опромінення та відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючого випромінювання.

Розділ II цього Закону стосується основних дозових меж опромінення і рівнів втручання.

Примітка: *основна дозова межа опромінення* – максимально допустимий рівень індивідуальної ефективної дози опромінення людини, встановлений цим Законом, перевищення якого вимагає застосування заходів захисту людини;

*рівень втручання* – очікувана розрахункова величина доз опромінення людини, яка зумовлює необхідність обов'язкового вжиття заходів щодо захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання.

Відповідно до статті 5 цього Закону основна дозова межа індивідуального опромінення населення не повинна перевищувати 1 мілізіверт ефективної дози опромінення на рік. Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, не повинна перевищувати 20 мілізівертів ефективної дози опромінення на рік, при цьому допускається її збільшення до 50 мілізівертів за умови, що середньорічна доза опромінення протягом п'яти років не перевищує 20 мілізівертів. Для стажерів і здобувачів освіти віком від 18 років, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза професійного опромінення не повинна перевищувати 20 мілізівертів на рік (стаття 6).

Примітка: *практична діяльність* – діяльність людини, що пов'язана з використанням джерел іонізуючого випромінювання та спрямована на досягнення матеріальної чи іншої користі, яка призводить чи може призвести до контрольованого й передбачуваного наперед:

- деякого збільшення дози опромінення;
- і/чи створення додаткових шляхів опромінення;
- і/чи збільшення кількості людей, які зазнають опромінення;
- і/чи структури шляхів опромінення від усіх пов'язаних із цією діяльністю джерел.

Стаття 7 цього Закону стосується залучення осіб до ліквідації радіаційних аварій та їх наслідків і підкреслює, що:

- залучення осіб до ліквідації аварій та їх наслідків допускається лише на добровільних засадах, за контрактом, в якому повинна зазначатися можлива доза опромінення за час ліквідації радіаційної аварії та її наслідків;
- залучення до ліквідації аварії та її наслідків осіб, які мають медичне протипоказання, осіб віком до 18 років і жінок дітородного віку забороняється;
- опромінення осіб, залучених до ліквідації радіаційної аварії та її наслідків, вище основних дозових меж опромінення, встановлених цим законом, допускається лише за їх згодою, у випадках, якщо не можна вжити заходів, які виключають їх перевищення, і може бути виправдано лише рятуванням життя людей та попередженням подальшого небезпечного розвитку аварії та опромінення більшої кількості людей.

Стаття 8-1 до повноважень Верховної Ради України відносить затвердження основної дозової межі індивідуального опромінення населення та персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, і затвердження розміру компенсації за перевищення річної основної дозової межі індивідуального опромінення.

Стаття 9 цього ж Закону до повноважень Кабінету Міністрів України, міністерств, інших центральних органів виконавчої влади відносить:

- розроблення та впровадження стандартів, норм і правил, виконання яких забезпечує неперевищення основних дозових меж опромінення людини й безпеки здійснення практичної діяльності;
- здійснення методичного керівництва діяльністю державної системи обліку й контролю індивідуальних доз опромінення персоналу, експертних оцінок, її повноти та достатності, а також проведення аналізів і оцінок стану дозових навантажень населення та персоналу.

До повноважень місцевих органів виконавчої влади стаття 10 Закону відносить:

- здійснення організаційного керівництва системою обліку й контролю доз опромінення населення на відповідній території;
- організація контролю за виконанням заходів щодо захисту населення від радіаційних аварій та їх наслідків.

Стаття 13 Закону визначає обов'язки фізичних і юридичних осіб щодо захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання під час здійснення практичної діяльності, зокрема:

- здійснювати контроль й облік індивідуальних доз опромінення персоналу;
- регулярно інформувати персонал щодо рівнів іонізуючого випромінювання на робочих місцях і значення отриманих ним доз опромінення.

Стаття 14 цього ж Закону говорить, що юридичні й фізичні особи, які здійснюють практичну діяльність, забезпечують готовність до ліквідації радіаційних аварій згідно з вимогами стандартів, норм і правил захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання, а також умовами отриманих дозволів, зокрема ці особи забезпечують наявність засобів індивідуального дозиметричного контролю.

В умовах нормальної експлуатації ядерних установок, об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання, під час ліквідації наслідків радіаційних аварій, незалежно від причин їх виникнення, має бути створена система дозиметричного контролю (СДК). СДК залежно від характеру практичної діяльності може включати:

- ✓ апаратні засоби радіаційного моніторингу технології, території та робочих місць, а також санітарно-захисної зони й зони спостереження;
- ✓ апаратні засоби запобігання потенційному опроміненню персоналу (датчики, аварійні системи сигналізації), оснащені інтерфейсом для управління елементами захисту, блокування і контролю доступу (наприклад, блокування турнікетів);

- ✓ вимірювальне обладнання для індивідуального дозиметричного контролю персоналу (стаціонарне, портативне і таке, що носить персоналом);
- ✓ підрозділ дозиметрії підприємства, оснащений дозиметричним, радіометричним, спектрометричним і радіохімічним обладнанням, комп'ютерними засобами збору й зберігання первинних даних;
- ✓ обчислювальні засоби і програмне забезпечення для обробки первинних даних, розрахунку і планування індивідуальних доз опромінення персоналу;
- ✓ кваліфікований персонал;
- ✓ програму дозиметричного контролю;
- ✓ методичні документи й інструкції, що забезпечують експлуатацію окремих компонентів СДК;
- ✓ базу даних доз опромінення персоналу і параметри радіаційної обстановки в динаміці.

Програма дозиметричного контролю є важливим елементом СДК, бо вона містить:

- ✓ перелік необхідних радіометричних і дозиметричних приладів, допоміжного обладнання, а також технічних вимог й інструкцій з їх експлуатації;
- ✓ розміщення обладнання стаціонарного періодичного контролю;
- ✓ об'єкти контролю, в тому числі приміщення, в яких повинен здійснюватися контроль, а також об'єкти зовнішнього середовища в межах санітарно-захисної зони й зони спостереження;
- ✓ параметри, що контролюються;
- ✓ контрольні й допустимі рівні параметрів, що контролюються;
- ✓ порядок допуску персоналу до робіт (у тому числі – за нарядами);
- ✓ порядок обліку та планування доз;
- ✓ установлені форми звітності;
- ✓ програму поточного дозиметричного контролю;
- ✓ програму спеціального дозиметричного контролю;
- ✓ програму аварійного дозиметричного контролю;
- ✓ систему забезпечення якості під час здійснення дозиметричного контролю;
- ✓ штат працівників, що здійснюють контроль.

Дозиметричний контроль персоналу залежно від особливостей технологій та характеру робіт включає:

- ✓ моніторинг радіаційно-гігієнічних параметрів на робочих місцях, у приміщеннях, на проммайданчику, в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження;
- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль;
- ✓ систему оперативного та довгострокового планування, обліку та зберігання індивідуальних доз опромінення персоналу.

Моніторинг виробничого середовища залежно від характеру здійснюваних робіт включає:

- ✓ контроль потужності дози рентгенівського та гамма випромінювання, щільності потоків бета-частинок, нейтронів та інших видів іонізуючого випромінювання на робочих місцях, у суміжних приміщеннях, на проммайданчику підприємства;
- ✓ контроль рівня забруднення радіоактивними речовинами робочих поверхонь обладнання та приміщення, транспортних засобів;
- ✓ контроль об'ємної активності радіоактивних газів і аерозолів у повітрі, а також контроль запиленості повітря робочих та інших приміщень підприємства та на проммайданчику (моніторинг повітряного середовища);
- ✓ контроль збору, видалення та знешкодження твердих і рідких радіоактивних відходів;
- ✓ контроль рівнів забруднення об'єктів на території підприємства.

Індивідуальний дозиметричний контроль залежно від характеру робіт включає:

- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль зовнішнього опромінення за рахунок бета-випромінювання, нейтронів, рентгенівського, гамма-випромінювання з використанням індивідуальних дозиметрів;
- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль внутрішнього опромінення, який проводиться на основі прямих і непрямих біофізичних вимірювань.

Дозиметричний контроль особливе значення має при важкій радіаційній аварії або в умовах ядерного вибуху, коли помилка у визначенні дози опромінення може призвести до непоправимих результатів, наприклад, несвоєчасне виявлення або просто не виявлення отриманої особою дози більше 4 Гр.

Свого часу, коли можливість ядерної війни була дуже високою, в СРСР були розроблені допустимі межі зовнішнього опромінення людей, зокрема, допустимою дозою опромінення була доза:

- 0,5 Гр для одноразового опромінення протягом 4 діб;
- 1 Гр для опромінення протягом 30 діб;
- 2 Гр для опромінення протягом 3 місяців;
- 3 Гр для опромінення протягом року.

Відповідно до цих норм були розроблені і дозиметри. Так, дозиметр ДКП-50-А мав діапазон вимірювань накопиченої дози гамма-випромінювання від 2 до 50 Р. Дозиметр ИД-11 мав нижній поріг чутливості 10 рад (верхній поріг – 1500 рад).

На майданчику ЧАЕС індивідуальний дозиметричний контроль здійснювали Чорнобильська АЕС, Управління будівництва – 605, виробниче об'єднання «Комбінат», відповідні служби хімічних військ МО СРСР тощо.

На перших порах аварії управління військ радіаційного, хімічного та біологічного захисту МО СРСР пропонувало встановити норми опромінення особового складу як для воєнного часу – 50 бер. Центральне військово-медичне управління МО СРСР наполягало на встановленні нормативів опромінення воїнів ліквідаторів на мирний час. У результаті було введено межу добової дози опромінення воїна-ліквідатора 2 Р.

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.

Слід пам'ятати, що дозиметричний контроль є дієвим тільки в тому випадку, коли особа суворо дотримується правил радіаційної гігієни, наприклад, постійно користується респіратором, гумовими рукавицями, не курить і не приймає їжу, перебуваючи в зоні забруднення. Практика показує, що у високих радіаційних полях показне «геройство» несумісне з виконанням службових обов'язків.

В мирний час повинен здійснюватися індивідуальний контроль кожної особи, що працює в сфері використання ядерної енергії або в силу службових обов'язків перебуває в зоні дії іонізуючого опромінення. Індивідуальний контроль здійснюється з метою отримання даних про дозу опромінення кожної особи та включає визначення дози зовнішнього опромінення з використанням індивідуальних дозиметрів, а також контроль надходжень радіоактивних ізотопів у організм людини або окремих органів, які (надходження) формують дозу внутрішнього опромінення. Індивідуальний дозиметр повинна мати кожна особа, що відноситься до категорії А, при нормальних умовах чи в умовах радіаційної аварії.

Дозиметричний контроль є складовою забезпечення радіаційної безпеки, яка спрямована на мінімізацію опромінення особового складу військових частин, персоналу, населення. Все це стосується і радіаційної розвідки.

Крім того, що розвідники мають бути оснащені засобами індивідуального захисту від радіації, вони мають мати в своєму розпорядженні прилади радіаційного контролю, що



відповідають конкретним умовам радіаційної розвідки, керівник заходами з ліквідації наслідків радіаційної аварії має:

- забезпечити вибір способу радіаційної розвідки (одного чи декількох);
- встановити допустимі дози опромінення радіаційних розвідників;
- забезпечити радіаційних розвідників засобами реєстрації потужностей доз іонізуючого випромінювання з прив'язкою до географічних координат місця вимірів;
- забезпечити дезактивацію техніки та санітарну обробку особового складу, якщо останнє потрібне, після завершення розвідки.

Кожен радіаційний розвідник повинен мати прямопоказуючий індивідуальний дозиметр та уміти ним користуватися, включаючи прогнозування часу, протягом якого не буде перевищення встановлених керівником доз опромінення.

Дозиметричний контроль персоналу залежно від особливостей технологій та характеру робіт забезпечує:

- ✓ моніторинг радіаційно-гігієнічних параметрів на робочих місцях, у приміщеннях, на проммайданчику, в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження;
- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль;
- ✓ систему оперативного та довгострокового планування, обліку та зберігання індивідуальних доз опромінення персоналу.

Моніторинг виробничого середовища залежно від характеру здійснюваних робіт забезпечує:

- ✓ контроль потужності дози рентгенівського й гамма-випромінювання, щільності потоків бета-частинок, нейтронів й інших видів іонізуючого випромінювання на робочих місцях, у суміжних приміщеннях, на проммайданчику підприємства;
- ✓ контроль рівня забруднення радіоактивними речовинами робочих поверхонь обладнання та приміщення, транспортних засобів;
- ✓ контроль об'ємної активності радіоактивних газів й аерозолів у повітрі, а також контроль запиленості повітря робочих, інших приміщень підприємства й на проммайданчику (моніторинг повітряного середовища);
- ✓ контроль збору, видалення та знешкодження твердих і рідких радіоактивних відходів;
- ✓ контроль рівнів забруднення об'єктів на території підприємства.

Індивідуальний дозиметричний контроль залежно від характеру робіт включає:

- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль зовнішнього опромінення за рахунок бета-випромінювання, нейтронів, рентгенівського, гамма-випромінювання з використанням індивідуальних дозиметрів;
- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль внутрішнього опромінення, який проводиться на основі прямих і непрямих біофізичних вимірювань.

Для забезпечення засвоєння вищесказаного в цьому розділі навчального посібника розглянемо, як забезпечується дозиметричний контроль на українських АЕС, який є складовою частиною радіаційного контролю.

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

- ✓ кожна АЕС оснащується автоматизованою системою контролю за радіаційним станом території АЕС, санітарно-захисної зони і зони спостереження (далі – автоматизована система контролю радіаційного стану (АСКРС)). Працездатність АСКРС обґрунтовується як для режимів нормальної експлуатації, так і аварій;



- ✓ на кожній АЕС передбачається система індивідуального дозиметричного контролю, яка фіксує накопичені дози опромінення кожного працівника, включаючи, в тому числі, і прикомандированих працівників. Ця інформація повинна надійно зберігатися. Передбачаються заходи проти несанкціонованого втручання в систему збереження результатів індивідуального дозиметричного контролю;
- ✓ роботи в місцях з радіаційною небезпекою виконуються на основі дозиметричних нарядів і допусків, за наявності загального і індивідуального дозиметричного контролю;
- ✓ регламент радіаційного контролю розробляється адміністрацією АЕС, затверджується експлуатуючою організацією і погоджується Держатомрегулюванням;
- ✓ експлуатуюча організація і кожна АЕС розробляють програми підвищення радіаційної безпеки, направлені на постійну мінімізацію індивідуальних і колективних доз опромінення персоналу;
- ✓ експлуатуюча організація та кожна АЕС проводять аналіз радіоактивних викидів і скидів для підтвердження того, що радіаційний вплив і дози опромінення, які отримує населення, не перевищують нормативних меж і підтримуються на розумно досяжному низькому рівні.

Загальне керівництво щодо забезпечення радіаційної безпеки покладається на Генерального директора АЕС, який відповідає за розроблення регламенту радіаційного контролю та програми підвищення рівня радіаційної безпеки. Регламент радіаційного контролю затверджується експлуатуючою організацією та погоджується Держатомрегулювання та МОЗ. Регламент радіаційного контролю надається разом з іншими документами до заяви на отримання ліцензії на будівництво та введення в експлуатацію ядерної установки або експлуатацію ядерної установки. На отримання ліцензії на знаття з експлуатації ядерної установки розробляється програма радіаційного захисту. Головний інженер ядерної установки відповідає за організацію та технічне забезпечення радіаційної безпеки, виконання регламенту радіаційного контролю. Керівники структурних підрозділів АЕС персонально відповідають за виявлення та дотримання підлеглими персоналом правил та інструкцій з радіаційної безпеки, положень регламенту радіаційного контролю.

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

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.

На сьогодні на кожній АЕС України створено та введено в дію *автоматизовану систему контролю радіаційного стану (АСКРС)*.

АСКРС призначена для:

- ✓ здійснення безперервного контролю радіаційної обстановки на проммайданчику АЕС, в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження в усіх режимах експлуатації АЕС (при нормальній роботі, проектних і запроектованих аваріях та знятті з експлуатації) в обсязі, достатньому для оперативного висновку про відповідність/невідповідність радіаційної обстановки вимогам нормативних документів, що визначають заходи та порядок забезпечення радіаційної безпеки на АЕС;
- ✓ забезпечення достовірною інформацією про радіаційну обстановку в навколишньому середовищі та прогнозування змін радіаційної обстановки в часі,



а також для отримання інформації необхідної для визначення активності радіонуклідів, які поступили за межі АЕС;

- ✓ надання рекомендацій при прийнятті рішень щодо ліквідації/ослаблення радіаційних наслідків аварії.

АСКРС забезпечує:

- ✓ автоматичний збір і обробку параметрів радіаційної обстановки;
- ✓ автоматичний збір і обробку метеопараметрів;
- ✓ перевірку інформації на достовірність, сигналізацію про перевищення контрольних рівнів;
- ✓ збереження інформації в довгостроковому архіві;
- ✓ відображення поточної і ретроспективної інформації про параметри системи;
- ✓ обмін інформацією АСКРС з іншими суміжними системами.

АСКРС забезпечує вимірювання таких радіаційних та метеорологічних параметрів:

- ✓ потужність дози гамма-випромінювання;
- ✓ об'ємна активність аерозолів та об'ємна активність радіонуклідів йоду в повітрі;
- ✓ об'ємна активність радіонуклідів у воді;
- ✓ швидкість і напрям вітру;
- ✓ атмосферний тиск;
- ✓ відносна вологість повітря;
- ✓ опади;
- ✓ радіаційний баланс і сумарна сонячна радіація;
- ✓ категорія стійкості атмосфери.

У склад АСКРС входять пости радіаційного контролю, розташовані на майданчику АЕС, в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження. Зв'язок між постами контролю та центральним постом АСКРС здійснюється за допомогою кабельних ліній зв'язку (в межах промайданчика) і за допомогою радіоканалів (для постів контролю у санітарно-захисній зоні та зоні спостереження).



Наявність такої АСКРС 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 з 30-кілометрової зони;
- ✓ визначення оптимальних шляхів евакуації населення з 30-кілометрової зони;
- ✓ зменшення доз опромінення персоналу радіаційної розвідки.

Інтегровані система радіаційного контролю енергоблоків й АСКРС утворюють систему радіаційного контролю АЕС. На систему радіаційного контролю АЕС покладається здійснення:

- ✓ радіаційного технологічного контролю;
- ✓ радіаційного дозиметричного контролю, включаючи індивідуальний дозиметричний контроль;
- ✓ радіаційний контроль за нерозповсюдженням радіоактивних забруднень;
- ✓ радіаційний контроль оточуючого середовища;
- ✓ радіаційний контроль стану захисних бар'єрів.

Примітка: *фізичний (захисний) бар'єр* – фізична перешкода, яка запобігає поширенню радіоактивних речовин та/або забезпечує захист від іонізуючого випромінювання. Бар'єрами на шляху поширення радіонуклідів у приміщеннях реактора є:

- паливна матриця;
- оболонка твела;
- межа контуру теплоносія РУ;

- герметичне огороження РУ;
- біологічний захист.

Бар'єрами на шляху поширення радіонуклідів на майданчику АЕС та поза межами майданчика крім вищезазначених бар'єрів є також корпус контаймента реактора.

Радіаційний технологічний контроль включає:

- ✓ контроль об'ємної активності технологічного середовищ, в тому числі до і після фільтрів водоочищення та газоочищення;
- ✓ контроль об'ємної активності аерозолів, інертних радіоактивних газів у необслуговуваних приміщеннях, локалізуючих і вентиляційних системах.

Примітка: *локалізуючі системи (елементи) безпеки* – системи (елементи), призначені для запобігання чи обмеження розповсюдження іонізуючого випромінювання та радіоактивних речовин за передбачені проектом кордони.

Радіаційний дозиметричний контроль включає:

- ✓ контроль індивідуальних і колективних доз зовнішнього опромінення;
- ✓ контроль вмісту радіоактивних речовин в організмі працюючих;
- ✓ контроль потужності дози гамма-випромінювання в обслуговуваних, періодично обслуговуваних приміщеннях і на проммайданчику АЕС;
- ✓ контроль потужності дози нейтронів у центральному залі реактора, в суміжних з реактором приміщеннях і на ділянках поводження зі свіжим та відпрацьованим паливом;
- ✓ контроль об'ємної активності та нуклідного складу радіоактивних газів і аерозолів у повітрі виробничих приміщень;
- ✓ контроль щільності потоку бета-частинок в обслуговуваних, періодично обслуговуваних приміщеннях і на проммайданчику АЕС.

Здійснення радіаційного контролю на АЕС, в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження АЕС, методичне керівництво роботами щодо забезпечення радіаційної безпеки та контролю за виконанням вимог радіаційної безпеки покладається на цех радіаційної безпеки. Цех радіаційної безпеки АЕС безпосередньо підпорядковується заступнику головного інженера АЕС з ядерної та радіаційної безпеки.

У структурі цеху радіоактивної безпеки АЕС є відповідні підрозділи, що безпосередньо контролюють основні джерела радіаційної небезпеки АЕС. Так, радіаційний контроль навколишнього середовища здійснює лабораторія зовнішнього контролю (ЛЗРК СРЗ ЦРБ).

Радіаційна розвідка є однією з форм діяльності в сфері використання ядерної енергії та радіаційної безпеки, а тому забезпечення індивідуального дозиметричного контролю розвідників є обов'язковою умовою для здійснення розвідки.

Практика ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, свідчення ліквідаторів говорять, що дозиметричний контроль (контроль дози опромінення кожного ліквідатора) є достовірним за умови:

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

Сучасні технічні системи дозволяють командирів контролювати отримані дози особовим складом підрозділу радіаційної розвідки, окремі групи якого (підрозділу) працюють на віддалі одна від одної, часто працюють на ділянках з різними рівнями радіоактивного забруднення.

Так, збройні сили Франції оснащені дозиметричною системою SOR, яка призначена для контролю доз опромінення військових у ході виконання ними своїх завдань в умовах застосування ядерної зброї та в умовах дій на місцевості, зараженій радіоактивними речовинами. Ця система характеризується можливістю дистанційного контролю

індивідуальної дози, отриманої в масштабі часу, близькому до реального. У склад системи входять індивідуальні дозиметри двох типів, зчитуючі пристрої трьох типів, а також комплект для калібрування. Всі елементи системи SOR виконані з врахуванням підвищеної стійкості до вражальних чинників ядерного вибуху, мають корпуси в ударостійкому і водонепроникному виконанні. Маса кожного дозиметра, оснащеного прийомопередаючим пристроєм, 55 г, габаритні розміри 80x48x9 мм. Один з дозиметрів SOR/T забезпечує вимірювання дози гамма- і нейтронного випромінювання під час ядерного вибуху, а другий дозиметр SOR/P вимірює дозу на зараженій місцевості.

Передбачена можливість задавати порогові значення дози, при перевищенні яких спрацьовує світлова і звукова сигналізація.

Зчитуючі пристрої дозволяють здійснювати дистанційний (на відстані до 1 км) збір і оброблення інформації з дозиметрів, а це значить, що командир у реальному масштабі часу контролює дозу опромінення, отриману кожним з його підлеглих (1 система SOR обслуговує до 250 осіб).

На закінчення наведемо 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 в момент аварії на майданчику АЕС чи на прилеглих ділянках;

друга група: всі ліквідатори, за виключенням ліквідаторів, що 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.

Можна визначити шляхи опромінення ліквідаторів першої групи, а саме:

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

Слід наголосити на тому, що були труднощі з забезпеченням ліквідаторів засобами індивідуального дозиметричного контролю. Цими засобами був забезпечений тільки персонал, який працював у зонах суворого режиму енергоблоків ЧАЕС. Ця обставина не дозволила встановити дози опромінення, отримані ліквідаторами першої групи, в найбільш небезпечний період ліквідації аварії.

У подальшому виникла необхідність встановлення справжніх доз опромінення ліквідаторів. Для оцінки доз опромінення, отриманих персоналом, ліквідаторами та населенням застосовувалися різноманітні методи як інструментальні (покази дозиметрів, лічильників випромінювання тіла людей), так і методи засновані на застосуванні спеціальних розрахункових методик ретроспективного відновлення доз.

Нижче наведені найбільш високі дози опромінення, виявлені в декількох сотень (приблизно 400) ліквідаторів першої групи. У 134 осіб підтверджена гостра променева хвороба. Застосування біологічної дозиметрії дозволило встановити, що 140 осіб отримали загальну дозу зовнішнього опромінення в межах 1-2 Гр, 55 осіб – 2-4 Гр, 21 особа – 4-6 Гр, 21 особа – 6-16 Гр. Результати досліджень показали, що опромінення щитоподібної залози змінюються від 20 Зв у 173 осіб до 11 Зв у 5 осіб. Дози опромінення шкіри ліквідаторів бета-частинками деяких пацієнтів, що мали гостру променево хворобу, знаходилися в межах 400-500 Гр.

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 аварії на ЧАЕС, мали обмеження щодо граничної дози опромінення – 250 мЗв (25 бер), в 1987 році ця доза була знижена до 100 мЗв, а в 1988 році – до 50 мЗв. Статистичні дані показують, що середні значення ефективної дози зовнішнього опромінення ліквідаторів другої групи склали: у 1986 році – 170 мЗв, в 1987 році – 130 мЗв, у 1988 році – 30 мЗв, у 1989 році – 15 мЗв. Але ці дані усереднені. Звичайно і серед ліквідаторів другої групи були особи, що отримали дози значно більші середніх.

Слід також звернути увагу на той факт, що велика кількість зареєстрованих доз була дуже близькою до значень дозволеної граничної дози опромінення. Крім того, 25 % ліквідаторів взагалі не мають даних про отримані дози.

## 4. ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ.

У разі знаходження на відкритому повітрі в умовах високих радіаційних полів і необхідності виконувати свої службові обов'язки першочерговими вимогами захисту від радіації є:

- ✓ недопущення потрапляння радіонуклідів усередину організму;
- ✓ захист очей та шкіри від радіоактивного забруднення.

Потрапляння радіонуклідів усередину організму можливе через органи дихання, травлення та через шкіру.

Засоби захисту шкіри діляться на спеціально для цього призначені засоби та підручні засоби.

Спеціальні засоби захисту шкіри діляться на ізолюючі й фільтруючі.

Підручні засоби захисту шкіри – це те, у чому одягнені чи можуть бути одягнені при випадковому потрапленні в зону забруднення, наприклад, населення 30-кілометрової зони ЧАЕС, чи у випадку, коли штатні захисні костюми вийшли з ладу чи їх не вистачає, наприклад, звичайний військовий одяг ліквідаторів на ЧАЕС.

Принцип фільтрації полягає в тому, що повітря, яке проходить через фільтруючі захисні костюми, очищується від шкідливих домішок, а принцип ізоляції полягає в тому, що захисний засіб (спеціальний костюм) ізолює шкіру людини від навколишнього середовища за допомогою непроникних для повітря матеріалів.



Рис. 4.1. Загальновійськовий захисний комплект (ЗЗК)

До ізолюючих засобів захисту шкіри від радіації належить загальновійськовий захисний комплект (ЗЗК). До комплекту входять захисний плащ, захисні панчохи та захисні рукавиці, а також легкий захисний костюм Л1, що складається із сорочки з капюшоном, брюк, пришитих до панчів, двопалих рукавичок і підшоломника (рис. 4.1).

До засобів, що запобігають попаданню радіонуклідів в організм людини в першу чергу відносяться засоби захисту органів дихання. Як і засоби захисту шкіри від радіації, засоби індивідуального захисту органів дихання від радіації також діляться на фільтруючі й ізолюючі (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Засоби індивідуального захисту органів дихання

До засобів індивідуального захисту органів дихання фільтруючого типу відносяться фільтруючі протигазы ГП-5, ГП-7, респіратори, ватно-марлеві пов'язки.

При сильному забрудненні повітря радіоактивним пилом чи радіоактивними аерозолями фільтруючо-поглинаючі коробки протигазів, респіратори й ватно-марлеві



пов'язки із часом перетворюються на потужний опромінювач людини. Тому рекомендується в умовах виконання завдань радіаційної розвідки з високим рівнем радіоактивного забруднення атмосфери користуватися 2 дозиметрами: один для встановлення дози опромінення особи, другий встановлюється біля фільтруючо-поглинаючого елементу засобу захисту органів дихання. Це дає можливість контролювати забруднення радіоактивними речовинами цього елементу й своєчасно замінювати забруднений фільтруючо-поглинаючий елемент.

Ліквідація наслідків важких радіаційних аварій не завжди виглядає так, як говориться в підручниках і настановах. Так, при гасінні пожежі на 4-му блоці ЧАЕС 26 квітня 1986 року пожежники в перші ж хвилини гасіння пожежі зняли свої штатні протигази КИП-5 (рис. 4.3), бо висока температура від пожежі не дозволяла їм працювати в протигазі.



Рис. 4.3. Кисневий ізолюючий протигаз КИП-5

Примітка: *КИП-5* – це кисневий ізолюючий протигаз, що призначений для захисту органів дихання та зору людини в умовах наявності отруюючих речовин, радіоактивних речовин у повітрі, а також при недостатчі кисню в повітрі. Час захисної дії протигазу складає від 1,5 до 2 годин. Пожежа приблизно о 4 години ранку була локалізована, а близько 6 години – погашена. Отже, цей протигаз, у принципі, не міг запобігти опроміненню пожежників.

Отже, можна стверджувати, що вже перші години після вибуху реактора 4-го блоку ЧАЕС показали, що аварія поставила перед ліквідаторами задачі, які вони не завжди були готові вирішити, а якщо й вирішували, то вирішували страшною ціною – життям і здоров'ям.

Ні для кого не є таємницею, що в підготовці іноземних армій до війни першочергова увага надається 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 та радіаційного забруднення місцевості. Тому досвід іноземних армій має вивчатися в Україні, зокрема щодо дій, спрямованих на захист особового складу від іонізуючого випромінювання та впливу іонізуючого випромінювання на боєздатність особового складу.

Так, відповідно до статутів збройних сил США боєздатність особового складу після впливу на нього вражаючих чинників ядерної зброї ділиться на три категорії – повна боєздатність, обмежена боєздатність і небоєздатність. У США й інших країнах за основний критерій оцінки враження організму людини радіацією прийнята доза опромінення, отримана в перші чотири дні після ядерного вибуху, а для цього важливо знати час початку опромінення особового складу, інтенсивність опромінення, а також рівень забруднення особового складу, техніки, продуктів харчування, води тощо.

На озброєнні іноземних армій є наступні прилади радіаційної розвідки й дозиметричного контролю:

- ✓ дозиметри для визначення доз опромінення особового складу (гамма-випромінювання);
- ✓ рентгенметри для вимірювання потужності дози іонізуючого випромінювання на зараженій місцевості;
- ✓ радіометри чи рентгенометри-радіометри для вимірювання забруднення особового складу й території.

Радіаційну розвідку здійснюють не тільки після ядерного вибуху, спрацювання радіологічного розсіюючого пристрою, радіаційної аварії, а й під час пошуку джерел іонізуючого випромінювання, що знаходяться поза регулюючим контролем, наприклад, перед проведенням і під час проведення великого масового заходу.

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 год), 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 глибокоешелюваного захисту з врахуванням того, що матеріал, що є поза регулюючим контролем, може знаходитися як у 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.

Це ж видання рекомендує компетентним органам (регулюючим, правоохоронним, митним, прикордонним, розвідувальним органам, органам безпеки, охорони здоров'я) розробити належний план розгортання парку приладів, враховуючи при цьому:

- ✓ місця на маршрутах транспортування територією держави, де ймовірність виявлення максимальна, чи місця виробництва, використання, зберігання, збирання чи захоронення ядерних чи інших радіоактивних матеріалів;
- ✓ наявність у державі об'єктів, що становлять великий інтерес з точки зору безпеки, які є потенційною ціллю терористичних нападів з використанням ядерних й інших радіоактивних матеріалів, чи об'єктів, на яких здійснюються дії з виявлення ядерних й інших радіоактивних матеріалів, що знаходяться поза регулюючим контролем (далі – стратегічний об'єкт);
- ✓ специфікації та технічні характеристики використовуваних для виявлення приладів повинні відповідати національним і міжнародним стандартам, технічним рекомендаціям;
- ✓ можливості, межі й обмеження використовуваних для виявлення приладів, що знаходяться як в офіційно позначених, так і непозначених пунктах в'їзду до держави, чи виїзду з неї;
- ✓ застосування мобільних і пересувних систем виявлення для забезпечення адаптації до загроз, що змінюються;
- ✓ вимоги до виявлення, що застосовуються для підтримання дій правоохоронних органів при отриманні ними інформаційного попередження;
- ✓ забезпечення виявлення випромінювання під час заходу національного масштабу чи на стратегічному об'єкті.

З метою запобігання злочинним діям чи несанкціонованим діям з наслідками для фізичної ядерної безпеки на стратегічному об'єкті, особливо під час проведення заходу національного чи міжнародного масштабу, компетентним органам варто передбачати 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.

Для виконання цих рекомендацій необхідні як мінімум дві умови:

- ! належний парк приладів;
- ! надійний персонал.

Розгортання належного парку приладів передбачає:

- ✓ монтаж, калібрування та приймальні випробування, розроблення процедур технічного обслуговування, а також належну підготовку й атестацію користувачів і допоміжного персоналу;
- ✓ системи й процедури для проведення радіаційної розвідки (обстеження) чи пошуку радіації, застосовні до ядерних й інших радіоактивних матеріалів, що знаходяться поза регулюючим контролем;
- ✓ встановлення рівнів порогів тривожних сигналів приладів;
- ✓ створення систем і процедур для початкової оцінки тривожного сигналу й здійснення інших вторинних інспекційних дій, таких як локалізація, ідентифікація, встановлення категорії та визначення характеристик ядерних й інших радіоактивних матеріалів, включаючи допомогу технічних експертів в оцінці тривожного сигналу, рішення щодо якого не може бути прийняте на місці;
- ✓ створення та забезпечення стійкості допоміжної інфраструктури для здійснення ефективного виявлення, включаючи навчання персоналу, технічне обслуговування обладнання, безпечне й надійне розміщення виявлених матеріалів і документально оформлені процедури реагування.

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 та компетентністю, що необхідні для використання цього обладнання. Персонал повинен розуміти значущість здійснюваних ним вимірювань, а також мати знання щодо дій, які належить здійснити при певних обставинах.

При виконанні будь-яких робіт, пов'язаних з поводженням з ядерними й іншими радіоактивними матеріалами, а тим більше робіт з радіаційної розвідки необхідно забезпечити належний дозиметричний контроль як виконуючих ці роботи, так і тих осіб, що в силу тих чи інших обставин можуть зазнати впливу іонізуючого випромінювання.

Крім того потрібно пам'ятати що основними факторами радіаційного впливу у випадку ядерної аварії на атомній електростанції (що є актуальним на даний час для нас) є  $\beta$ - та  $\gamma$ -випромінювання продуктів поділу. При надходженні радіоактивних речовин до організму, внесок у дозу  $\alpha$ -випромінювачів дуже малий і практично не враховується (за виключенням викиду значних кількостей плутонію). 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 повітрям. Тому доза зовнішнього опромінення від радіоактивної хмари може бути у 100 разів меншою дози опромінення щитовидної залози.

На середній фазі після 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 щодо його захисту.

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

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

- ✓ зовнішнє опромінення від проходження 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.

В залежності від обстановки для захисту від радіаційного впливу можуть бути прийняті наступні заходи:

- обмеження перебування на відкритій місцевості (тимчасове укриття у будинках і сховищах). Захисні властивості будинків та інших споруд надані у таблицях нижче.

Таблиця 4.1 - Захисні властивості будівель і споруд від зовнішнього  $\gamma$ -випромінювання радіоактивної хмари

Будівля, споруда	Коефіцієнт послаблення*
На відкритому повітрі	1,0
Транспортні засоби	1,0
Дерев'яний будинок	1,1
Кам'яний будинок	1,7
Підвал дерев'яного будинку	1,7
Підвал кам'яного будинку	2,5
Велика будівля службового або промислового типу (у місці, віддаленому від вікон та дверей)	5 та більше

\*коефіцієнт послаблення дорівнює співвідношенню дози на відкритому повітрі до дози при захищеному розташуванні.

Таблиця 4.2 - Захисні властивості будівель і споруд від  $\gamma$ - випромінювання радіоактивних випадінь на ґрунт

Споруда або ділянка	Коефіцієнт послаблення
На висоті 1 м над поверхнею землі	1,4
Машини на шосе шириною 16 м:	
шосе повністю забруднене	2,0
шосе забруднене на 50%	2,0
шосе повністю дезактивоване	4,0
Поїзди	2,5
Одно- або двоповерхові дерев'яні будинки	2,5
Одно- або двоповерхові блочні або цегляні будинки	5,0*
Підвал будинку	10-30*
Три- або чотириповерхові конструкції (500-1000 м <sup>2</sup> на поверсі):	
перші, другі поверхи	12*
підвал	100*
Багатоповерхові конструкції (приблизно 1000 м <sup>2</sup> на поверх):	
верхні поверхи	100
підвал	200

\*У місці, віддаленому від дверей та вікон

- максимально можлива герметизація житлових та службових приміщень (щільне закриття дверей, вікон, димоходів і вентиляційних отворів) на час розсіювання радіоактивних речовин у повітрі і формування радіоактивного забруднення території.

- застосування лікарських препаратів, що перешкоджають накопиченню біологічно небезпечних радіонуклідів в організмі, наприклад, йодна профілактика -

застосування всередину препаратів стабільного йоду або вживання фероцину.

- захист органів дихання підручними засобами (носові хустинки, полотенця, паперові серветки, ін.) (таблиця 4.4);

Таблиця 4.4 - Ефективність предметів побутового призначення, які використовують для екстреного захисту органів дихання

Предмет	Кількість шарів	Захисна ефективність
Чоловіча бавовняна носова хустинка	16	17
	8	9
	1 (зім'ята)	8,5
	1 (волога)	3,0
	1 (суха)	1,4
Туалетний папір	2	12
Махровий банний рушник	1-2	4,0
Бавовняна сорочка	1 (волога)	3,0
	2 (суха)	3,0
	1 (суха)	2,5
Бавовняний матеріал для плаття	1 (волога)	2,3
	1 (суха)	2,0
Жіноча бавовняна носова хустинка	4 (волога)	2,7
	4 (суха)	2,2

- евакуація населення;
- регулювання та обмеження доступу в район забруднення;
- санітарна обробка осіб у випадку забруднення їх одягу та шкірних покривів радіоактивними речовинами вище встановлених норм;
- найпростіша обробка продуктів харчування, що поверхнево забруднені радіоактивними речовинами (обмивання, видалення поверхневого шару та ін.);
- повне виключення або обмеження вживання до їжі забруднених продуктів харчування;
- переведення молочної худоби на незабруднені пасовища або на незабруднені фуражні корми; дезактивація забрудненої місцевості, споруд, транспорту, обладнання, техніки, одягу тощо;
- переселення.

Забезпечення радіаційної безпеки передбачає попередню розробку плану захисту персоналу і плану захисту населення. План захисту персоналу розробляється керівництвом радіаційно-небезпечного об'єкту, а план захисту населення - структурним підрозділом місцевого органу виконавчої влади, до компетенції якого віднесено питання цивільного захисту.

При плануванні і реалізації захисних заходів (втручань), спрямованих на мінімізацію доз і чисельності осіб з населення, які потрапили у сферу дії аварійного опромінення, слід керуватися указаними вище трьома головними принципами радіаційного захисту.

Критеріями для прийняття рішень щодо застосування захисних заходів (контрзаходів) на ранній та середній фазах служать дози зовнішнього або внутрішнього опромінення (таблиці 4.5 та 4.5). У вказаних таблицях наведені заходи, що найбільш значимі на ранній та середній фазах розвитку аварії.

Якщо прогнозоване опромінення не перевищує нижньої межі виправданості, то немає необхідності приймати будь-які заходи, наведені у таблицях 4.5 та 4.6. Якщо прогнозоване опромінення перевищує нижні межі виправданості, але не досягає безумовно виправданого рівня, то проведення заходів, наведених в цих таблицях, може бути відстрочено та застосована процедура оптимізації контрзаходів. Заходи щодо



зниження можливих дозових навантажень на населення слід застосовувати з урахуванням конкретної обстановки та місцевих умов.

Якщо прогнозоване опромінення досягає або перевищує рівень безумовної виправданості, то проведення заходів, наведених в таблицях 4.5 і 4.6, є обов'язковим, навіть якщо вони пов'язані з порушенням нормальної життєдіяльності населення (евакуація або переселення тощо).

При опроміненні, яке перевищує рівень безумовної виправданості, рекомендується:

- негайне укриття населення в приміщеннях;
- обмеження перебування на відкритій місцевості;
- оперативна евакуація (з урахуванням конкретного радіаційного стану на АЕС);
- йодна профілактика;
- виключення або обмеження вживання в їжу забруднених продуктів;
- переведення молочно-продуктивної худоби на незабруднені пасовища або фуражні корми.

Таблиця 4.5 - Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії

Контрзахід	Відвернута доза за перші 2 тижні після аварії					
	Межі виправданості			Рівні безумовної виправданості		
	мЗв	мГр		мЗв	мГр	
	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру	На все тіло	На щитовидну залозу	На шкіру
Укриття	5	50	100	50	300	500
Евакуація	50	300	500	500	1000	3000
Йодна профілактика:						
діти	-	50*	-	-	200*	-
дорослі	-	200*	-	-	500*	-
Обмеження перебування на відкритому повітрі:						
діти дорослі	1	20	50	10	100	300
	2	100	200	20	300	1000

\*Очікувана доза при внутрішньому опроміненні радіоізотопами йоду, що надходять до організму протягом перших двох тижнів після початку аварії.

Таблиця 4.6 - Критерії для прийняття рішень на середній фазі розвитку аварії

Захисний захід	Дозові критерії (доза, що прогнозується за перший рік), мЗв*			
	Все тіло		Окремі органи	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Обмеження застосування забруднених продуктів харчування та питної води	5	50	50	500
Переселення або евакуація	50	500	не встановлюється	не встановлюється

\*Відповідає рекомендаціям МАГАТЕ

Евакуація населення є найбільш ефективною, але крайньою мірою і повинна здійснюватися, якщо всі інші захисні заходи не забезпечують безпеки і при цьому складаються сприятливі умови для проведення евакуації (дороги та їх стан, транспортні

засоби, пора року і погодні умови, кількість осіб, які підлягають евакуації та ін.).

Ризик, збитки або негативні наслідки захисних заходів та евакуації повинні зважуватися та порівнюватися зі збитками від радіаційних наслідків аварії - процедура оптимізації.

Під режимом радіаційного захисту розуміється порядок дії людей, використання способів та засобів захисту в зонах радіаційного забруднення, який передбачає максимальне зменшення можливих доз опромінення. Він передбачає послідовність та тривалість використання захисних споруд, захисних властивостей промислових та житлових приміщень, обмеження перебування людей на відкритій місцевості .

Тривалість дотримання режиму захисту залежить від ряду факторів:

- рівня радіації;
- захисних властивостей захисних споруд;
- захисних властивостей промислових та житлових будівель.

Для захисту населення у випадку ускладнення радіаційної обстановки передбачені тимчасові норми (режими захисту), які наведені вище (таблиці 4.5 і 4.6).

У Законі України «Про захист людини від іонізуючих випромінювань», визначені заходи щодо укриття людей, тимчасової евакуації та йодної профілактики населення.

Таким чином, завчасне розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту робітників та службовців об'єктів, а також населення зменшить або повністю виключить ураження людей

## 5. ПРИКЛАДИ РАДІОЛОГІЧНИХ/ЯДЕРНИХ ІНЦИДЕНТІВ

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 тяжкості. У підтвердження цього наведемо декілька прикладів радіаційних аварій, що мали місце при здійсненні діяльності в сфері використання ядерної енергії.

### Інциденти на ядерних установах

#### 1949 рік, США

В Хендфордському 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. Із-за порушень технологічного процесу 2 грудня 1949 року стався викид радіоактивних речовин, в тому числі 8000 Кі йоду-131. Радіоактивний слід був зафіксований в радіусі 64 – 320 кілометрів. Більше 20000 дітей отримали високі дози опромінювання в результаті споживання молока від корів, які випасалися на пасовиськах, забруднених радіоактивним йодом.



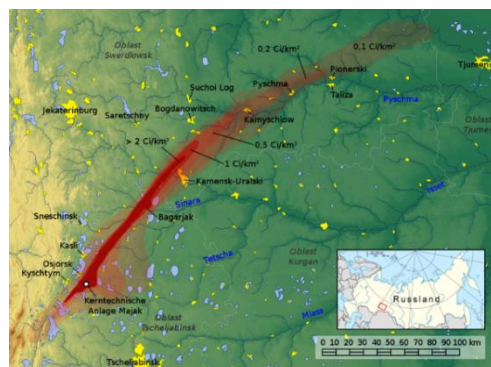
#### 1957 рік, Великобританія

Велика аварія сталася 10 жовтня 1957 року на одному з двох реакторів з напрацювання 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. Зрозуміло, що поряд з іншими радіоактивними речовинами в оточуюче природне середовище був викинутий плутоній, в основному плутоній-239;



#### 1957 рік, СРСР

Аварія трапилася 29 вересня 1957 року на хімікомбінаті «Маяк», розташованому в закритому місті «Челябінськ-40». Вибух стався в емності для радіоактивних відходів, яку було побудовано в 1950-х роках. Сама емність являла собою циліндр з нержавіючої сталі в бетонній оболонці. Через вихід з ладу системи охолодження стався вибух емності об'ємом 300 кубічних метрів, де містилося близько 80 м<sup>3</sup> високорадіоактивних ядерних відходів. Вибухом, оцінюваним у десятки тонн у тротиловому еквіваленті, емність було зруйновано, бетонне перекриття товщиною 1 метр вагою 160 тонн відкинуто в бік, в атмосферу було викинуто



близько 20 млн 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. Протягом 10-11 годин радіоактивні речовини випали в смугі довжиною 300-350 км на північний схід від місця вибуху (за напрямком вітру).

У зоні радіаційного забруднення опинилася територія декількох підприємств комбінату «Маяк», військове містечко, пожежна частина, колонія ув'язнених і територія площею 23 000 км<sup>2</sup> з населенням 270 000 чоловік у 217 населених пунктах трьох областей: Челябінської, Свердловської і Тюменської. Сам Челябінськ-40 не постраждав. 90% радіаційних забруднень випали на території хімкомбінату «Маяк», а інша частина розсіялася далі. У ході ліквідації наслідків аварії 23 села з найзабрудненіших районів із населенням від 10 до 12 тисяч чоловік було відселено, а будівлі, майно й худобу — знищено.

Для запобігання розносу радіації в 1959 році рішенням уряду було утворено санітарно-захисну зону на найбільш забрудненій частині радіоактивного сліду, де було заборонено будь-яку господарську діяльність, а з 1968 року на цій території було утворено Східно-Уральський державний заповідник. Зараз зона зараження зазвичай іменується Східно-Уральським радіоактивним слідом (СУРС). Для ліквідації наслідків аварії залучалися сотні тисяч військовослужбовців та цивільних осіб, які внаслідок цього отримали значні дози опромінення.



### **1979 рік, Греція**

В аеропорту Афін 10 жовтня 1979 року зазнав аварії літак ДС-8, що летів із Цюріха в Пекін. На борту лайнера знаходилися контейнери з радіонуклідами і вантаж плутонію. Літак загорівся, частина упаковок з радіоактивними речовинами розплавилася, що призвело до витоку радіоактивних речовин. 14 людей загинуло, десять отримали травми та опіки.

### **1985 рік, СРСР**

10 серпня 1985 року на судноремонтному заводі «Звезда» (Уссурійська затока, СРСР) сталася найважча в історії атомного флоту СРСР аварія. На атомному підводному човні, що знаходився біля пірса судноремонтного заводу «Звезда» із-за порушень персоналом правил перевантаження ядерного палива в одному із реакторів виникла ланцюгова ядерна реакція і стався вибух з викидом радіоактивних матеріалів. Сумарна активність викиду становила  $7 \times 10^6$  Кі. В ході аварії та під час її ліквідації були опромінені 290 осіб, десять осіб загинули в момент вибуху, 10 осіб отримали променеву хворобу важкого ступеня, 39 осіб – середнього та легкого ступеня.

### **1999 рік, Японія**

30 вересня 1999 року на заводі з виробництва ядерного палива (м. Токаймура, префектура Ібаракі, Японія) сталася ядерна аварія із-за порушення персоналом правил поводження з розчинами високозбагаченого урану. Серія ланцюгових ядерних реакцій продовжувалася протягом 20 годин. Опромінення отримали декілька сотень людей. Два оператори отримали дози опромінення 10 і 20 Гр і невдовзі померли. Третій оператор отримав дози опромінення від 1 до 4,5 Гр. 180 жителів міста отримали опромінення біля 0,5 Гр.





## 2005 рік, Великобританія

16 квітня 2005 року на заводі з переробки відпрацьованого ядерного палива «THORP» (м. Селлафілд, Великобританія) сталася крупна аварія – витік високорадіоактивних 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.

Як показує міжнародний досвід, найбільша кількість аварій, пов'язаних з опроміненням людей, сталася не на ядерних установках, а на об'єктах, на яких використовують джерела іонізуючого випромінювання. Як правило, такі аварії пов'язані з недотриманням норм радіаційної безпеки, недостатньою підготовкою персоналу, відсутністю в державі належного регулюючого контролю, хоча відомі випадки застосування джерел іонізуючого випромінювання із злочинною метою.

Радіоактивні джерела, які не перебувають під надійним регулюючим контролем, можуть стати причиною низки небажаних наслідків, включаючи вплив на здоров'я людей, соціально-економічні, політичні, економічні й екологічні наслідки. Як ми вже зазначили вище, втрата контролю над джерелом може відбуватися чи ненавмисно, чи свідомо. Спроби вивести джерело з-під регулюючого контролю можуть реалізовуватися шляхом пошкодження пристрою, який містить джерело, крадіжки чи купівлі. На рис. 5.1. схематично наведені міркування щодо причин втрати контролю над джерелами іонізуючого випромінювання, запропоновані МАГАТЕ у виданні TECDOC-1388 «Усиление контроля за радиоактивными источниками, разрешенными к использованию, и восстановление контроля над бесхозными источниками» (Вена 2005).

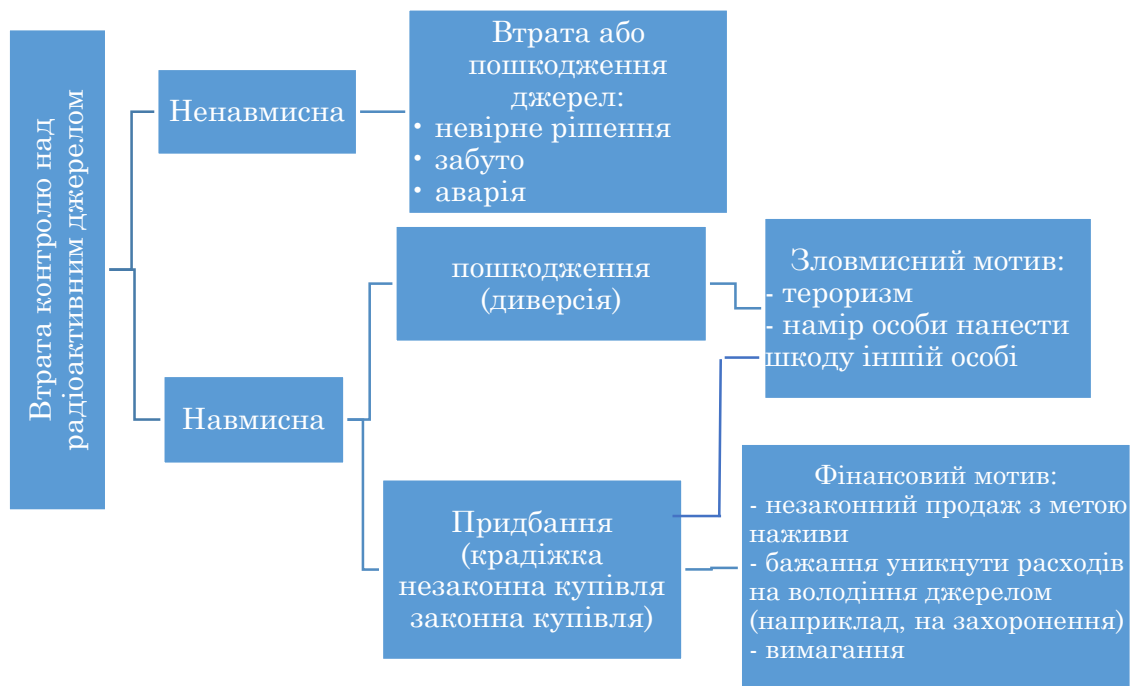


Рис. 5.1. Причини втрати контролю над джерелами іонізуючого випромінювання

## Інциденти з джерелами іонізуючого випромінювання

Розглянемо приклади інцидентів, які призвели у результаті втрати контролю над джерелами іонізуючого випромінювання до загибелі чи каліцтва людей.

Радіоізотопні термоелектричні генератори призначені для автономної експлуатації протягом десятків років, вони ідеально підходять для забезпечення електроживленням обладнання, наприклад, в арктичних районах і космосі. Ця обставина робить РІТЕГи уразливими щодо дій людей, які намагаються заволодіти ними зі зловмисними цілями чи демонтувати їх через цінності екрануючого матеріалу як металобрухту. Крім того, через



зміну власника і/чи втрати реєстраційних документів такі джерела можуть залишитися без нагляду чи забутими доти, поки згодом вони не будуть знову виявлені.



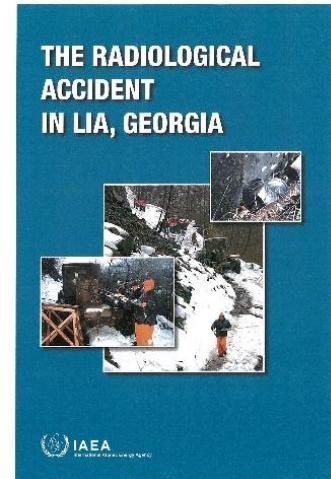
*Покинуті радіоізотопні термоелектричні генератори*

Наведемо декілька прикладів протиправних дій пов'язаних з РІТЕГами.

### **2001 рік, Грузія**

У грудні 2001 року три лісоруби знайшли поблизу місця свого відокремленого проживання в долині річки Інгурі два керамічних предмета, що виділяли тепло. Звичайно, що від дармового тепла було важко відмовитися і джерела тепла було вирішено перенести в місце, де вони збиралися переночувати. Двоє з цих лісорубів переносили контейнери на своїх плечах, і через кілька годин після опромінення у них виникла нудота, блювота і запаморочення. Третій переносив джерело, прикріплене до кінця дроту. У лікарні в Тбілісі у лісорубів була виявлена променева хвороба і важкі радіаційні опіки, причому стан, двох із них, був серйозним. Протягом багатьох місяців вони проходили лікування в лікарнях Парижа і Москви. Один з них все ж таки не вижив.

Група грузинських фахівців на початку 2002 року за допомогою МАГАТЕ вилучила ці джерела. Вони являли собою неекрановані керамічні джерела з двох РІТЕГів радянського періоду, кожен з яких мав активність близько 30 000 Ки  $^{90}\text{Sr}$ .



### **2003 рік, Росія, мис Піхлісаар**

12 березня 2003 року поблизу с.Курголово Ленінградської області на березі Балтійського моря був розграбований РІТЕГ, який забезпечував електроживлення маяка. Мисливці за кольоровим металом, що зруйнували генератор, забрали близько 500 кілограмів нержавіючої сталі, алюмінію і свинцю, а радіоактивне джерело  $^{90}\text{Sr}$  скинули на лід на відстані 200 метрів від маяка. Гаряча капсула зі стронцієм проплавила льодове покриття і пішла на дно моря. При цьому потужність дози гамма-випромінювання становила понад 30 Р/год. Слід гадати, що викрадачі отримали смертельні дози опромінення.

### **2003 рік, Росія, Кольська затока, губа Оленяча**

12 листопада 2003 року гідрографічна служба Північного флоту ВМФ РФ під час проведення планового огляду засобів навігаційного забезпечення виявила розібраний РІТЕГ. Усі його частини, включаючи захисну оболонку з нержавіючої сталі, свинцю, алюмінію і збідненого урану, були викрадені. Радіоактивне джерело (капсулу зі  $^{90}\text{Sr}$ ) виявили у воді біля берега на глибині трьох метрів. Потужність випромінювання на поверхні становила біля 1000 Р/год. На думку фахівців, грабіжники найімовірніше загинули чи серйозно захворіли в результаті опромінення.



Окрім РІТЕГів у світі є багато великогабаритних промислових опромінюючих установок для стерилізації і зберігання харчових продуктів, і зазвичай в них встановлені також високопотужні джерела  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  з активністю в діапазоні від 0,2 до 600 ПБк. У таких установках передбачені численні системи забезпечення безпеки, засновані на принципах резервування, неоднаковості й незалежності систем безпеки. Однак робота систем безпеки, якщо вони не обслуговуються належним чином, може погіршитися, а у поєднанні з помилкою людини може статися аварія.

Розглянемо п'ять аварій з смертельними наслідками, у ході яких зазнали опромінення оператори опромінювальних установок:

- Бресіка, Італія, 1975 р.;
- Хьеллер, Норвегія, 1982 р.;
- Сан-Сальвадор, Сальвадор, 1989 р.;
- Сорек, Ізраїль, 1990 р.;
- Несвіж, Білорусь, 1992 р.

Слід зазначити, що в ході цих аварій джерела не були втрачені. Однак мали місце і випадки, пов'язані з банкрутством, коли призначений керівник звільнив персонал, у зв'язку зі скороченням штатів, і протягом певного часу йому не було відомо про характер небезпеки устаткування, за яке він відповідав.

### **15 серпня 1975 року. Італія, Ломбардія, Бресіка**

Оператор установки опромінення харчових продуктів на основі джерела  $^{60}\text{Co}$  через випадкову відсутність системи радіаційного захисту на конвеєрному вході отримав дозу опромінення на все тіло 12 Зв і через 13 днів помер.

### **2 вересня 1982 року (м.Хьеллер, Норвегія)**

В Інституті енергетичних технологій технік, який обслуговував промисловий опромінювач для стерилізації інструментів, не знаючи реальної небезпеки, яку являє собою радіоактивне джерело  $^{60}\text{Co}$  активністю 65 кКі, виніс його з будівлі. Після 25-хвилинного контакту з джерелом він захворів і був госпіталізований. Факт переопромінення відразу не виявили. Працівник помер через два тижні: припускали – від серцевого нападу. Однак пізніше встановили, що він помер від променевої хвороби, а доза його загального опромінення становила 22 Зв.

### **21 червня 1990 року. Ізраїль**

Під час аварійної ситуації на підприємстві Sor Van Irradiation 32-річний чоловік отримав дозу опромінення всього організму від джерела  $^{60}\text{Co}$  близько 20 Зв. Незважаючи на вчасну професійну медичну допомогу потерпілий помер через 36 днів.

## 26 жовтня 1991 року. Республіка Білорусь, місто Несвіж

Оператор відключив систему безпеки в камері опромінення радіаційної установки для стерилізації медичного інструменту на базі джерела  $^{60}\text{Co}$  активністю 30 ПБк для того, щоб провести ремонтні роботи поруч з джерелом. У результаті він отримав загальну дозу опромінення близько 11 Зв. Незважаючи на інтенсивне лікування людина померла через 113 днів після аварії.

Більш детально розглянемо аварію, що сталася у **Сан-Сальвадорі (Сальвадор) 5 лютого 1989 року** на промисловій опромінюючій установці з джерелом  $^{60}\text{Co}$  активністю 0,66 ПБк.

У той час, коли сталася аварія в країні вже 10 років йшла громадянська війна не існувало відповідної регулюючої інфраструктури чи інфраструктури радіаційної безпеки. Все це призвело до погіршення систем безпеки і недооцінки оператором радіаційних небезпек.

Рухома стійка з джерелом застрягла у опромінювальному положенні. Оператор, обійшовши системи безпеки опромінювача ввійшов до радіаційного приміщення з двома іншими працівниками, щоб звільнити стійку з джерелом вручну. Троє чоловіків зазнали високих доз опромінення, у них проявилися симптоми гострої променевої хвороби. Вони отримали початкове стаціонарне лікування в Сан-Сальвадорі, а потім – більш спеціалізоване лікування в Мехіко. Ноги та стопи двох чоловіків були настільки серйозно поранені, що потрібна ампутація. Працівник, який зазнав найбільшого впливу, помер через шість з половиною місяців після аварії.



Рис. 5.2. Типові джерела для промислової стерилізації. Елементи з  $^{60}\text{Co}$  у металевій формі. Приблизні розміри: 11 мм у діаметрі  $\times$  450 мм завдовжки; звичайна активність нового джерела  $^{60}\text{Co}$ : 444 ТБк (12 кКі)

Протягом двох тижнів проблема залишалася не виправленою, і за цей час пошкодження тримача джерел призвело до випадання усіх елементів з джерелами. Більшість елементів упали в екрануючу ємність, але один увипав на підлогу опромінювальної камери. Зовсім випадково жодне джерело не потрапило у коробки з продукцією, що могло призвести до транспортування за межі установки. Пристрій для дозиметричного контролю, встановлений у зоні виходу продукції і призначений для виявлення такої події, давно вже не працював.

Ще є одна проблема, яка пов'язана з тим, що у зв'язку з радіоактивним розпадом джерела час від часу частину елементів з джерелами необхідно замінювати на нові. Зазвичай цю роботу проводять постачальники джерел, старі джерела поміщають у спеціальні транспортні контейнери для повернення. На цьому етапі існує потенційна можливість того, що проблеми з перевезенням призведуть до затримок, у результаті чого контейнер поміщають на зберігання і про нього можуть забути. У такому випадку може реалізуватися сценарій, аналогічний сценарію стамбульської аварії з радіотерапевтичним джерелом 1998 року.

### Стамбул (Турція) 1998 рік

У 1993 році оператор, що мав ліцензію, завантажив три відпрацьованих джерела з радіотерапевтичної установки в транспортні упаковки для повернення початковому постачальнику в США. Однак ці упаковки не були відправлені й зберігалися в Анкарі до 1998 року. Дві з них згодом були перевезені в Стамбул і зберігалися на звичайному складі. Через деякий час на складі почало не вистачати місця, і упаковки були переміщені в порожні суміжні приміщення. Через 9 місяців змінився власник цих приміщень, і, не знаючи про характер упаковок, продав їх в якості металобрухту. Сім'я торговця металобрухтом розкрила контейнер з джерелом і, нічого не підозрюючи, підпала під опромінення неекранованого джерела  $^{60}\text{Co}$  активністю 3,3 ТБк. Десять осіб отримали дози опромінення від 1,0 до 3,1 Гр і у них були виявлені ознаки гострої променевої хвороби. На щастя, ніхто не загинув. Друге джерело активністю 23,5 ТБк  $^{60}\text{Co}$  досі не виявлене, не дивлячись на здійснену велику програму пошуку і моніторингу.

Розглянемо деякі приклади інцидентів, що мали місце в медичній сфері.

Установки для телетерапії (дистанційного опромінення пухлини) знаходяться в медичних установах, таких, як лікарні чи клініки. В них зазвичай застосовуються потужні джерела  $^{60}\text{Co}$ , іноді  $^{137}\text{Cs}$ , активністю кілька сотень ТБк. Розміри джерела відносно невеликі й зазвичай воно має циліндричну форму.



*Робочі органи апаратів телетерапії старих конструкцій з джерелами  $^{60}\text{Co}$*



*Різноманітні джерела  $^{60}\text{Co}$  для телетерапії з відповідною арматурою для завантаження до робочого органу апарату променевої терапії*

Робоча частина гамма-ножа виконується у вигляді металевого контейнера, в якому відповідно до певного порядку знаходяться капсули з таблетками чи дисками  $^{60}\text{Co}$ . Небезпеку становить головним чином зовнішнє опромінення, якщо тільки капсули не піддаються значному механічному чи тепловому пошкодженню, як це відбувається в промисловості при вторинній переробці металів. У такому випадку відбувається забруднення і виникає потенційна можливість внутрішнього опромінення.

<i>Типова система перевантаження джерела у гамма-ножі</i>	<i>Шлем гамма-ножа з капсулами <math>^{60}\text{Co}</math></i>	<i>Капсула з джерелом для гамма-ножа</i>

При нормальному використанні відповідні й належні заходи контролю повинні забезпечувати мінімальні ризики. Однак, якщо капсули  $^{60}\text{Co}$  несанкціонованим чином



вилучені зі своїх оболонок, вони здатні створити смертельну дозу за короткий період часу. Крім того, оскільки матеріал корпусу опромінюючої установки може мати цінність як металобрухт, у низці випадків відбувалася втрата контролю в результаті розкрадання. Це призводило до розплавлення чи іншого фізичного руйнування корпусу і подальшого розповсюдження забруднення прямим шляхом чи шляхом інкорпорування радіонукліда в предмети, виготовлені з забрудненого металобрухту. З огляду на масивність установок для телетерапії і той факт, що вони використовуються у радіотерапевтичних відділеннях медичних закладів, персонал яких повинен володіти знаннями в галузі радіаційного захисту, на перший погляд важко припустити, що такі джерела можуть стати покинутими. Однак відомі приклади, коли це сталося і призвело до смертельних наслідків і серйозного забруднення навколишнього середовища.

Наведемо приклади деяких відомих аварій, пов'язаних з телетерапевтичними установками.

### **Мексика, 1983 рік**

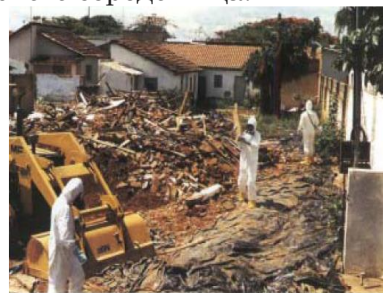
У 1977 році лікарнею в м. Сьюдад-Хуарес в США була закуплена установка для телетерапії з джерелом  $^{60}\text{Co}$  активністю 37 ГБк. Імпорт не був оформлений законним чином, і владі було невідомо про це. У лікарні не було ресурсів для безпосереднього використання установки і її помістили на зберігання в комерційному приміщенні без чіткої вказівки небезпеки. Знаючи про це керівні співробітники звільнилися з лікарні. У 1983 році молодий співробітник, який знав про існування цієї установки, але не розумів пов'язаної з нею небезпеки, вивіз її, з тим щоб продати як металобрухт. При перевезенні джерело було зруйноване і маленькі таблетки, що входили до його складу, розсипалися по дорозі.

Джерело було розплавлене в ливарному цеху і виявлене лише випадково, коли вантажівка, що перевозила виготовлені з забрудненого радіоактивного металу столи, викликала спрацьовування тривожної сигналізації на ядерній установці в Лос-Аламосі, США. Розслідування цього інциденту встановило, що близько 75 осіб отримали дози від 0,25 до 7,0 Гр, довелося знести 814 будинків, в сталевій арматурі конструкцій яких була виявлена радіоактивність, потрібна була серйозна дезактивація декількох ливарних цехів, а обсяг відходів склав 16 000 м<sup>3</sup> ґрунту і 4 500 тонн металу.

### **Бразилія, 1989 рік**

У кінці 1985 року приватний радіотерапевтичний інститут у м. Гоянія (Бразилія) переїхав у новий будинок, забравши з собою гамма-терапевтичну установку з радіоактивним матеріалом кобальт-60 і залишивши в старому будинку інституту гамма-терапевтичну установку з радіоактивним матеріалом цезій-137. Будинок частково зруйнувався, а установка із цезій-137 стала абсолютно беззахисною.

У вересні 1987 року дві особи проникли в стару будівлю радіотерапевтичного інституту й не знайшовши, крім гамма-терапевтичної установки, нічого цікавого та не знаючи нічого про призначення установки, вийняли з установки капсулу з джерелом цезій-137 з метою її подальшого продажу. Ці двоє осіб забрали капсулу до себе додому й спробували її розібрати, у результаті чого капсула тріснула. Радіоактивне джерело, що було в капсулі, стало причиною забруднення оточуючого середовища.





Після того як капсула була розламана, її уламки продали торговцю металом. Випадково цей торговець виявив, що в темноті уламки капсули світяться блакитним кольором. Після цього, впродовж декількох днів до торговця приходили друзі й родичі, щоб насолодитися явищем незвичайного свічення. Більш того, уламки джерела розміром з рисове зернятко були рознесені відвідувачами до своїх помешкань. Так продовжувалося п'ять днів. За цей час у декількох людей, причетних до інциденту, з'явилися симптоми шлунково-кишкового захворювання. Один з постраждалих вирішив, що захворювання пов'язане з загадковим блакитним сяйвом і відніс уламки капсули в міське управління охорони здоров'я, що врешті рещт дозволило ідентифікувати інцидент.



У цілому 249 осіб отримали зовнішнє опромінення, 129 – і зовнішнє, і внутрішнє, 20 осіб отримали дози понад 1 Гр і були госпіталізовані, причому 10 з їх числа потрібно було медичне лікування, а чотири людини з дозами опромінення від 4,5 до 6 Гр померли. Для дезактивації та очищення навколишнього середовища було потрібно 6 місяців інтенсивних зусиль, причому утворилося 3500 тонн радіоактивних відходів.

### **Таїланд, 2000 рік**

Компанія в Бангкоку володіла кількома телетерапевтичними установками не маючи дозволу таїландського Бюро з мирного використання ядерної енергії. Восени 1999 року компанія перемістила голоівки телетерапевтичних установок з орендованого нею складу в небезпечне місце зберігання. У кінці січня 2000 року чотири особи отримали доступ до місця зберігання головок телетерапевтичної установки і почали їх розбирати. Блок з голоівкою, що містила джерело  $^{60}\text{Co}$  активністю 15,7 ТБк, вони доставили до дому одного з них, де всі четверо спробували продовжити його розбирати. Хоча на голівці були знаки радіаційної небезпеки і попереджувальна етикетка, вони не зрозуміли їх змісту, чи не знали мови написів. 1 лютого 2000 року один з них приніс частково розібраний пристрій на смітник в Самутпракарне. На звалищі під час розрізання пристрою за допомогою ацетиленового пальника джерело випало з корпусу і залишилося непоміченим працівником. До середини лютого 2000 року декілька осіб, пов'язаних з цим інцидентом, відчули нездужання і звернулися до лікаря. Лікарі розпізнали ознаки і симптоми опромінення і попередили владу. В результаті пошуків у купі металобрухту джерело було знайдено і вилучено. Високі дози опромінення від джерела отримали в цілому десять чоловік, троє з них – працівники звалища – через два місяці після аварії померли.

Інший напрямок застосування джерел іонізуючого випромінювання в медицині – це брахітерапія (терапія на малих відстанях). Застосування брахітерапії буває двох видів, які дещо розрізняються. Зазвичай їх називають брахітерапією високих потужностей доз (HDR) (категорія джерел 2) і брахітерапією низьких потужностей доз (LDR) (категорія 4 чи 5). В обох застосуваннях використовуються джерела невеликих фізичних розмірів (діаметр менше 1 см, довжина кілька сантиметрів) і тому вони можуть бути загублені чи поміщені в неналежне місце. Джерела HDR і деякі джерела LDR можуть бути виконані у вигляді дроту, прикріпленого до пристрою дистанційного послідовного введення джерела.

*Примітка:* У минулому в брахітерапії використовувався  $^{226}\text{Ra}$ . Причому використання радієвих джерел для брахітерапії в багатьох країнах почалося раніше, ніж були введені заходи з регулюючого контролю. З цим пов'язана окрема проблема «спадщини», яка розглядатиметься нижче.

Джерела вміщувалися в платинові капсули у вигляді голок чи трубочок товщиною кілька міліметрів і завдовжки до 5 сантиметрів. Однак у результаті розпаду радіо виділялися гази радон і гелій, що призводило до підвищення тиску в капсулах і появи можливості їх розриву, а це у свою чергу викликало забруднення оточуючого середовища. З цієї причини  $^{226}\text{Ra}$  був замінений іншими радіонуклідами. Найбільш сучасна брахітерапія високих і середніх потужностей доз проводиться з використанням  $^{192}\text{Ir}$ , але у випадках, коли регулярне отримання змінних джерел може виявитися більш складним, застосовуються  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$ . Випускаються джерела різних розмірів і форм, включаючи дроти чи стрічки.

Брахітерапія використовується менш широко, ніж телетерапія, але її використання з кожним роком розширюється. Джерела для брахітерапії зазвичай є в лікарнях і аналогічних медичних установах, причому установка може містити велику кількість джерел. Невикористані джерела для брахітерапії зазвичай зберігають в сейфах зі свинцевим захистом чи контейнерах, але мали місце випадки, коли порушувався регламент поводження з джерелами і вони залишалися в аплікаторах на транспортних візках чи після закінчення корисного терміну служби джерела воно залишалися в сейфах чи в транспортних контейнерах. Проблема в цілому посилюється потенційною можливістю втрати таких джерел. У великому радіотерапевтичному блоці може налічуватися кілька сотень джерел для брахітерапії, які постійно переміщуються і піддаються маніпуляціям. Є численні повідомлення про випадки, коли джерела для брахітерапії виявлялися за межами лікарень, будучи імплантованими пацієнтам чи перебуваючи в трупах, призначених для кремації.

Наведемо один з таких прикладів втрати HDR джерела  $^{192}\text{Ir}$  для брахітерапії, що стався в **США в 1992 році**.

1 грудня 1992 року Онкологічний центр поінформував КЯР США про те, що було виявлене джерело  $^{192}\text{Ir}$ , активністю 0,14 ТБк, з пристроєм послідовного введення для дистанційної брахітерапії, що належав Онкоцентру. Джерело було виявлене після того, як воно викликало спрацьовування сигналу радіаційної небезпеки на установці зі спалювання відходів у іншому місті. Очевидно, що дріт для введення джерела, обірвалася під час лікування пацієнта 16 листопада 1992 року і джерело залишилося в тілі літнього пацієнта, який помер у результаті переопромінення 21 листопада 1992 року. Опромінення отримали також понад 90 інших осіб.

Обрив дроту пристрою для дистанційної брахітерапії в Онкоцентрі залишався тривалий час непоміченим через недоліки програми радіаційного контролю, відсутність нагляду за пацієнтами, за пристроєм для послідовного введення та приміщенням, де проводилося лікування. Майже такий самий обрив дроту кріплення джерела стався на пристрої для послідовного введення 7 грудня 1992 року, але цей обрив був відразу ж помічений. Тому радіологічні наслідки були мінімальні.

Характер цієї проблеми був визнаний вже давно, і це призвело до того, що багато країн встановили вимогу про встановлення детекторів випромінювання в місцях виходу з відділень, де використовуються джерела для брахітерапії.

Розглянемо декілька прикладів аварій, що мали місце у світі з промисловим радіографічними джерелами та їх наслідки. Ці джерела також становлять серйозну небезпеку для людини.

**Україна, 1989 рік.** Прикладом ненавмисного порушення є радіоактивне зараження житлового будинку в місті Краматорську в 80-х роках минулого століття. Наприкінці 70-х років в Каранському кар'єрі (Донецька область) була загублена ампула з радіоактивною речовиною  $^{137}\text{Cs}$ , яка використовувалася у вимірвальному пристрої (рівнемірі) на підприємстві, що виробляло гравій. Тривалі пошуки небезпечної ампули не дали успіху.



У 1980 році в м. Краматорськ на Донеччині був зданий в експлуатацію житловий панельний будинок. Вже у наступному році в одній з квартир будинку померла 18-річна дівчина, ще через рік – її 16-річний брат, а згодом – їхня матір. У квартиру заселилася інша сім'я, але й в них незабаром помер син-підліток. Всі загиблі мали однаковий діагноз – білокрів'я. Лікарі вважали причиною цього погану спадковість, але батько померлого підлітка домігся проведення детального розслідування. У результаті пошуків було виявлено надвисокий радіаційний фон в дитячій кімнаті, суміжній квартирі за стіною та в квартирі поверхом вище. Мешканців будинку було відселено, джерело гамма-випромінювання локалізували. Вирізвавши разом із частиною стіни, його доставили до Інституту ядерних досліджень (м. Київ), де із частини стіни вилучили ампулу з радіоактивним матеріалом.



Після вилучення ампули рівень випромінювання в злочасному будинку знизився до фонового. Загалом внаслідок цього інциденту протягом 9 років через опромінення загинули 4 дитини та 2 дорослих, ще 17 осіб були визнані інвалідами.

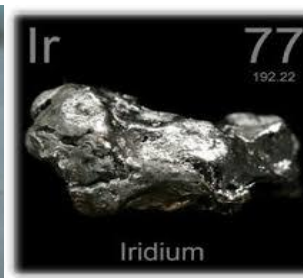
Як з'ясувалося, ампула з радіоактивним матеріалом була саме тою, що була втрачена на Каранському кар'єрі.

Найбільш вразливими до втрати чи крадіжки є джерела мобільних промислових радіографічних установок. Велика кількість цих установок, робочі умови їх застосування, портативність й мобільність їх застосування призводить до того, що вони стають першочерговими цілями для крадіжки і їх зловмисного використання.

Неналежне обслуговування установки, невірне приєднання приводних тросів чи їх перегини в кінці кінців призводить до від'єднання джерела від приводного тросу. Це створює безпосередню загрозу здоров'ю та життю оператора установки, який має здійснювати контроль джерела після кожного опромінювання та впевнюватися, що джерело повернулося в безпечне екрановане положення, та інших осіб, що знаходяться поблизу.

Наведемо приклад низки інцидентів, що мав місце в світі з промисловими радіографічними установками.

**Марокко в 1984 році.** Джерело  $^{192}\text{Ir}$  активністю 1,1 ТБк від'єдналися від приводного троса. Через недостатній контроль це пройшло повз увагу і джерело випало з направляючої трубки. Це джерело зацікавило перехожого, який підібрав його і приніс додому. Звичайно цей перехожий нічого не знав про властивості джерела. За час, що джерело знаходилося поза регулюючим контролем (березень – червень 1984 року) внаслідок опромінення загинуло вісім осіб. Такий серйозний результат втрати джерела іонізуючого випромінювання пояснюється тим, що загублене джерело було без захисного екрану.



**Каїр, Єгипет, 2000 рік.** Ця аварія дуже схожа на описану вище. Селянин знайшов джерело  $^{192}\text{Ir}$  активністю 3 ТБк і вважаючи, що воно має цінність, приніс його додому. 6 травня 2000 року цей селянин і його 9-літний син звернулися до місцевого лікаря зі скаргами з приводу опіків шкіри. Доктор виписав ліки від вірусної чи бактеріальної



інфекції. Молодший син помер 5 червня 2000 року, а селянин – 16 червня. 26 червня був зроблений аналіз крові інших членів сім'ї, у яких з'явилися аналогічні симптоми. Аналіз крові показав сильне зниження числа білих кров'яних тілець, що викликало підозру, що було опромінення. Джерело було знайдено і вилучено. Інші члени сім'ї були госпіталізовані. Чотирьом особам було пред'явлено звинувачення в грубій недбалості, ненавмисному вбивстві й нанесенні тілесних ушкоджень, оскільки вони не повідомили компетентним органам про те, що джерело, яке вони використовували для інспектування зварних швів газопроводу, не було повернене на місце після завершення роботи.

**Янанго, Перу, 1999 рік.** Цей інцидент відбувався наступним чином. Зварювальник та його помічник працювали в трубі діаметром 2 м. Приблизно об 11 год. 30хв. прибув радіографіст для проведення термінової радіографії відремонтованого зварного шву. Через несправність ультразвукового випробувального устаткування радіографіст залишив радіографічний контейнер поряд з трубою і покинув майданчик, щоб замінити обладнання. О 22год.00хв. він повернувся і почав проводити радіографію. Після проявлення плівок виявилось, що ні одна з них не була опроміненою. Були розпочаті пошуки джерела, але воно не було виявлене. Один з можливих сценаріїв його зникнення полягав в тому, що воно від'єдналося від тросу, впало на землю і було підібране іншим робітником як цікава знахідка. Було вирішено здійснити візити до всіх співробітників, які перебували на майданчику в той день, починаючи з тих, хто найближче знаходився до місця знаходження контейнера з джерелом. При наближенні до будинку зварника радіаційний монітор чітко зареєстрував наявність джерела. Виявилось, що зварювальник підібрав джерело і приніс його додому в кишені. У результаті цієї аварії він втратив ногу, його дружина теж отримала радіаційні ураження.

Розглянемо деякі інциденти, пов'язані з використанням стаціонарних промислових вимірювальних приладів, в яких застосовуються радіонуктивні матеріали. Залежно від конкретного застосування промислові засоби вимірювання містять відносно невеликі кількості радіоактивного матеріалу

**У 2001 році в Румунії** сталася подія, пов'язана з джерелом в доменній печі. У серпні 2000 року комерційна компанія почала розбирання двох доменних печей, причому роботи на одній з них були завершені в червні 2001 року. Виведення з експлуатації здійснювалося без дозволу регулюючих органів і було зупинене в 2001 році, коли в ході інспекцій, проведених на майданчику регулюючим органом, були виявлені рівні випромінювання від 0,5 до 400 мкЗв / год, а у деяких уламках цегли – до 4 мЗв /год. Було з'ясовано, що в кожній печі було близько трьох дюжин невеликих радіоактивних джерел  $^{60}\text{Co}$  (+  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) активністю від 0,4 до 30 ГБк, встановлених у 1985 році для контролю товщини стінок. Наслідками цієї події стало забруднення  $^{60}\text{Co}$  великої зони й існування великої кількості забрудненої вогнестійкої цегли. 12 працівників могли отримати опромінення, але у них не було виявлено будь-яких ознак променевого ураження.

Іншою потенційною можливістю радіаційних інцидентів є втрата пристроїв каротажу свердловин. Ці пристрої зазвичай використовуються в районах, де ведеться розвідка запасів води, вугілля, нафти чи природного газу. Для визначення щільності, пористості й вологості геологічних структур чи вмісту в них вуглеводнів використовують у поєднанні джерела нейтронного і гамма-випромінювання.



Наведемо приклад крадіжки джерела для каротажу, що мав місце у **Нігерії 2002 року**. У грудні 2002 року з вантажівки нафтової компанії, що знаходилася в дорозі в південній частині дельти річки Нігер, були вкрадені два джерела  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ , що використовувалися для каротажу свердловин. Такі джерела зазвичай мають активність близько 0,7 ТБк. Для пошуку джерел були задіяні всі засоби: публічні оголошення, сили поліції і підвищення пильності на кордонах. Медичним працівникам також було запропоновано звертати особливу увагу на скарги на тривалу нудоту і опіки шкіри. Приблизно через вісім місяців джерела були виявлені у вантажі металобрухту в Європі.

Отже, радіоактивний матеріал, вкрадений на одному континенті, може бути виявлений на іншому континенті. Слід також пам'ятати, що не всі країни приділяють належну увагу фізичній ядерній безпеці радіоактивних матеріалів і пов'язаних з ними установок, що знаходяться під їх юрисдикцією.

У більшості країн світу є проблеми, пов'язані з, так званими, джерелами, отриманими у спадок. *Джерела, отримані у спадок* – це ті джерела, які відносяться до періоду, який передував встановленню ефективних регулюючих вимог і які не були належним чином захоронені.

Якщо індустріалізація країни і пов'язане з нею використання радіоактивних джерел почалися до встановлення ефективної регулюючої інфраструктури, то значна кількість джерел може виявитися поза регулюючим контролем. В цьому випадку виникає потреба створення початкового національного реєстру джерел. Початковий реєстр джерел, отриманих у спадок, може формуватися за допомогою збору інформації в публікаціях чи облікових записках, що відносяться до минулого, також можна скористатися допомогою фахівців, що мають великий досвід застосування джерел в країні. Більшість, але не всі джерела, отримані у спадок, найімовірніше за все, є радієві джерела. Нижче наведено приклади використання радієвих джерел в першій половині 20-го століття, причому деякі з джерел використовували відкритий радіоактивний матеріал:

- брахітерапія;
- різні пристрої з радієм, що світяться, і засоби підсвічування;
- промислова радіографія з використанням радію;
- патентовані медичні «цілющі» засоби;
- нейтралізатори статичної електрики;
- промислові детектори диму;
- громовідводи.

Деякі закордонні лікарі в індивідуальному порядку закупували радієві джерела для брахітерапії і зберігали їх у себе вдома. Ці джерела могли бути отриманими у спадок їх нащадками і могли бути виявлені лише випадково. Ці та інші радієві джерела з огляду на їх високу вартість у той час (100 000 дол. США за грам радію у 1920-ті роки) зберігалися в банківських сейфах. Оскільки спочатку радієві джерела у вигляді зерен виготовлялися з тонкої золотої трубки, в яку вводили розчин солі радію, деякі з них потрапляли на ринок вторинного використання золота. У США в 1980-х роках у рамках спеціальної кампанії було вилучено кілька сотень золотих виробів, забруднених радієм.

У деяких країнах у період з 1930-х років по 1960-і й 1970-і роки були широко поширені засоби підсвічування на основі радію. Багато з цих предметів використовувалися військовими. Треба мати на увазі, що на деяких військових складах чи складах підприємств, які будували літаки чи виробляли годинники, можуть зберігатися предмети, що містять радій.

МАГАТЕ вживало в деяких регіонах цілеспрямовані зусилля щодо виявлення, вилучення та кондиціонування радієвих джерел, які дісталися у спадок.

Наведемо приклад, який стався **Великобританії**. У **1984 році** компанія, що спеціалізується на поставках запасних частин для застарілих літаків і військових транспортних засобів, привернула увагу компетентних органів. На складі цієї компанії зберігалася понад 7 000 ящиків із запасними частинами, і приблизно у 2000 з них був



виявлений радій, головним чином у пристроях з елементами, що світяться. У багатьох випадках лак, що покривав ці елементи, розтріскався, що призвело до забруднення радієм.

Коли в державі встановлюється регулюючий контроль, не всі джерела, що отримані у спадок, виявляються радієвими. Так, службовець індійської корпорації звернувся до регулюючого органу за консультацією щодо джерела  $^{137}\text{Cs}$  активністю 185 ГБк, яке було виявлене співробітником корпорації і яке належало цій корпорації. Після проведеного розслідування було з'ясовано, що це джерело було імпортовано службою цієї корпорації на початку 50-х років минулого століття, коли регулюючий контроль в Індії перебував на початкових етапах розвитку. Тому це джерело не було поставлене під регулюючий контроль. Згодом щодо цього джерела було вжито належних заходів.

Як ми знаємо, джерела іонізуючого випромінювання, крім застосування в промисловості й медицині, широко застосовуються в наукових і навчальних цілях. У наукових дослідженнях можуть застосовуватися практично будь-які радіонукліди будь-якої активності, і тому такі джерела можуть належати до будь-якої категорії. Хоча найчастіше у дослідженнях використовуються джерела низької активності й/чи з коротким періодом напіврозпаду. Часто використовуються тритій ( $^3\text{H}$ ) і  $^{14}\text{C}$ , але вони мають слабе бета-випромінювання і створюють менш серйозні радіологічні проблеми після завершення терміну експлуатації. Багато таких джерел використовуються в електронзахватних пристроях і пристроях для газової хроматографії, месбауерівської спектрометрії. Скоріше виключеннями є використання потужних (до 1 ПБк) джерел  $^{60}\text{Co}$  і  $^{137}\text{Cs}$  для опромінення чи стерилізації матеріалів і рослин та використання джерел  $^{241}\text{Am}$  /  $\text{Be}$  чи  $^{137}\text{Cs}$  активністю в діапазоні МБк чи ГБк для вимірювання вологості й щільності в ході аграрних досліджень.

Дослідницька робота часто проводиться в рамках спеціально фінансованого проекту. Устаткування, включаючи джерела випромінювання, може бути отримано спеціально під цей конкретний проект. По завершенні роботи чи після припинення фінансування для джерел може не знайтися подальшого застосування, також відповідальна за джерело особа може звільнитися чи померти. Тому головна проблема з джерелами, що використовувалися в дослідженнях чи в навчальних цілях, виникає, коли припиняється використання обладнання і звільняється персонал, який володіє необхідними знаннями.

Прикладом такої проблеми є аварія, яка мала місце в **Естонії в 1994 році** з джерелом, яке ймовірно використовувалося на дослідній установці. Радіаційна аварія зі смертельним результатом у Тамміку (Естонія) була пов'язана з джерелом, виявленим у металобрухті, доставленому на завод з вторинного перероблення металів у Таллінні. Джерело оціненої активності близько 7 ТБк  $^{137}\text{Cs}$  знаходилося в вузлі, який, ймовірно, був частиною опромінювача, можливо, дослідної установки.

Серйозною проблемою для деяких країн є *джерела, які використовувалися у військових цілях*. Це пов'язано з тим, що ці джерела знаходяться поза цивільним регулюючим контролем. Прикладами використання джерел у військових цілях є:

- радіоізотопні термоелектричні генератори (РТЕГ);
- джерела для навчальних занять з імітування нападу з використанням ядерної зброї; і
- тритій у пристроях, що світяться (мають вищі активності, ніж у цивільному використанні).

Крім нормальної ситуації у військовій області в мирний час, є ситуації, що виникають внаслідок:

- виведення з країни іноземних військ;
- серйозних політичних змін у країні, де протягом певного часу, можливо, не функціонували військові командні структури; і
- того, що країни чи регіони є ареною військових конфліктів.

Досвід показує, що всі ці ситуації можуть приводити до того, що джерела стають покинутими і починають представляти серйозну загрозу населенню.

Наведемо два приклади, які підтверджують вищесказане.

### **Аварія з джерелами для військових цілей: Лило, Грузія, 1997 рік.**

У 1992 році, після розпаду колишнього СРСР радянська армія покинула колишні місця свого розташування в Грузії. Одним з них був навчальний табір в Лило, який перейшов у розпорядження грузинської армії. У жовтні 1997 року у одинадцяти солдат виникли радіаційні ураження шкіри. В ході пошуку і радіаційного моніторингу на території було виявлено 12 покинутих джерел  $^{137}\text{Cs}$  активністю від декількох МБк до 164 ГБк. Вони



використовувалися раніше в ході навчань з цивільної оборони, коли джерела ховали на території, а учасники навчань мали виявляти їх. Багато з цих джерел залишилися там, де їх сховали. Крім того, на території були також знайдені одне джерело  $^{60}\text{Co}$  і 200 невеликих джерел  $^{226}\text{Ra}$ , що використовувалися в гарматних прицілах.

Отримання конкретної інформації щодо реального чи можливого використання військовими радіоактивних джерел дуже важко. Однак досвід показав, що військові операції можуть призводити до появи покинутих і вразливих джерел. У разі збройного конфлікту існує низка чинників можливої появи покинутих джерел. Це, перш за все:

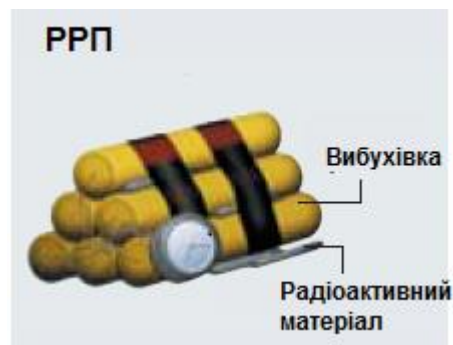
- випадки, коли поява покинутих джерел є результатом супутнього збитку, наприклад, пошкодження установки для телетерапії в покинутій лікарні;
- випадки, коли пошкодження будівель може відкрити неконтрольований доступ у зони, доступ в які раніше був обмежений, що призводить до мародерства чи розтягування матеріалів.

Ще одне питання виникає щодо збідненого урану. Доцільно встановити, чи були застосовані в ході конфлікту боеприпаси, що містять збіднений уран. Це робиться для того, щоб бути готовими до будь-яких проблем у сфері реакції громадськості, а не у зв'язку з будь-якої небезпекою, створюваної збідненим ураном.

Оскільки в районах, що характеризуються нестабільністю і активністю сепаратистів, терористів через небезпечну ситуацію забезпечити ефективний регулюючий контроль неможливо МАГАТЕ вказує на необхідність вжиття наступних заходів:

- отримати, використовуючи урядові, парламентські канали, інформацію щодо володіння і використання радіоактивних джерел у військових цілях у мирний час. Якщо це не вдасться, спробувати отримати гарантії того, що рівень контролю над радіоактивними джерелами, використовуваними у військових цілях, є принаймні еквівалентним рівню цивільного контролю.
- розглянути питання про проведення фізичного дозиметричного обстеження колишніх чи покинутих стаціонарних військових об'єктів і майданчиків.
- як тільки проведення такої операції стане безпечним після військового конфлікту, розглянути питання про проведення фізичного обстеження невійськових об'єктів, про які відомо, що там знаходилися чи могли знаходитися радіоактивні джерела. Проблеми для контролю:
  - а) потужні радіоактивні джерела в пошкоджених будівлях;
  - б) джерела з різних об'єктів, зібрані в одному місці.
- якщо відомо, що використовувалися боеприпаси, що містять збіднений уран, розглянути питання про сповіщення населення про небезпеки збору уламків. Якщо райони бойових дій не надто великі, розглянути питання про проведення фізичного обстеження з метою збору фрагментів, що містять збіднений уран.

Ми розглянули випадки втрати регулюючого контролю за джерелами іонізуючого випромінювання, пов'язані з їх ненавмисним переміщенням. Але цілком реальною є втрата регулюючого контролю над радіоактивними матеріалами в результаті глибоко мотивованих зловмисних дій з далеко ідучими намірами, наприклад, встановлення радіологічного опромінюючого пристрою (РОП) в певному місці чи виготовлення розсіюючого радіологічного пристрою (РРП) – «брудної бомби». У минулому зусилля з протидії незаконному обігу радіоактивних матеріалів були зосереджені головним чином на ядерних матеріалах, а не на радіоактивних відходах чи джерелах іонізуючого випромінювання. Однак можливість використання радіоактивних матеріалів для створення РОП і РРП змінила ситуацію.



Відповідно до даних Аргонської національної лабораторії (США) для використання в «брудній бомбі» підходять такі радіоізотопи: америцій-241, каліфорній-252, цезій-137, кобальт-60, індій-192, плутоній-239, полоній-210, радій-226, стронцій-90.



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. У 2002 році за проханням Комітету з міжнародних справ Сенату США Федерация американських вчених розглянула різні сценарії використання «брудної бомби». Один із сценаріїв застосування «брудної бомби» передбачав розпорошення значної кількості кобальту-60 у Манхеттені (район Нью-Йорка). Як показали результати аналізу забруднення охопило би територію в 1000 кв. км. Мешканці Нью-Йорка повернулися б у свої домівки не раніше ніж через 40 років. У 2012 році Південно-Каліфорнійський університет опублікував результати досліджень можливих наслідків підриву в передмісті Лос-Анджелеса «брудної бомби». Оскільки у передмісті розташована велика кількість фінансових установ, то і підриу «брудної бомби» міг би нанести економічну шкоду в розмірі 16 млрд. доларів США, при цьому шкода від зміни поведінки населення буде перевищувати пряму шкоду в 15 разів.



Прикладом застосування радіоактивного матеріалу для нанесення шкоди здоров'ю конкретній особі може бути інцидент з полонієм-210 в Лондоні в 2006 році. 22 листопада 2006 року в Лондоні помер Олександр Литвиненко, колишній співробітник спецслужб РФ, від отруєння Po-210. Винними у вбивстві британці визнали колишніх співробітників російських спецслужб – депутата Держдуми РФ Андрія Лугового і підприємця Дмитра Ковтуна. Поширення радіоактивного забруднення в результаті їх дій зачепило багато місць Лондона. Потенційна можливість попадання Po-210 в організм людей викликала сильну стурбованість британської громадськості. Все це вимагало реагування з боку багатьох організацій, включаючи заходи з управління аварійним реагуванням на вищому урядовому рівні. Агентство з охорони здоров'я відіграло ключову роль в координації і управлінні заходами реагування в сфері охорони здоров'я, що стосувалися тисяч людей. Лондонська міська поліцейська служба проводила розслідування. В ході

розслідування були виявлені забруднені Po-210 місця: лікарні, готелі, офіси, ресторани, бари і транспортні засоби. В деяких місцях необхідно було виконати значний обсяг робіт з дезактивації, що були закінчені в січні 2007 року, а фаза відновлення продовжувалася до літа 2007 року. Було виявлено 86 осіб, рівні Po-210 в сечі яких перевищували допустимі рівні. Крім того, під перевірку підпали 664 громадянина інших 52 країн, що проживали під час інциденту в готелях Лондона чи перебували в інших місцях, пов'язаних з інцидентом.

Фактів, що підтверджують використання терористами «брудної бомби», практично відсутні, але все таки вони є. Так, в листопаді 1995 року група чеченських бойовиків заклала в Ізмайлівському парку (Москва) «брудну бомбу», що містила вибухівку та ізотоп цезію-137.

Прикладів використання радіоактивного матеріалу з метою нанесення шкоди конкретним людям значно більше, ніж прикладів застосування «брудної бомби». Розглянемо деякі з них.

### **Січень 1979 року, м. Віллінгтон (США)**

Працівник ядерного підприємства в м. Віллінгтон вкрав два контейнери з діоксидом урану та направив своєму керівнику листа, в якому погрожував розсіяти ядерний матеріал в одному із міст США, якщо йому не буде виплачено 100 тисяч доларів. Зрештою правопорушник був заарештований та засуджений до 15 років позбавлення волі.

### **1993 року, РФ**

Лікар, що виписував висновок про смерть директора акціонерного товариства «Картонтара» (РФ) був збентежений, бо чоловік помер від загадкової хвороби, що нагадувала променеву хворобу. Лікар про свої підозри доповів правоохоронним органам. Слідчий залучив фахівців Московського наукового виробничого об'єднання «Радон». Фахівці НВО «Радон» прибули до офісу акціонерного товариства «Картонтара» й виявили в директорському кріслі джерело потужністю експозиційної дози гамма-випромінювання в 14 Р/год. Джерело являло собою 15-сантиметровий металічний циліндр із радіоактивним вмістом цезію-137.



### **1994 рік, Тайвань**

Аспірант-профпатолог був навмисно отруєний радіоактивним фосфором-32, який додавав йому в їжу з 1 жовтня 1994 року до 15 лютого 1996 року інший аспірант, його колега. Правопорушник брав радіоактивну речовину в лабораторії молекулярної біології. У потерпілого розпочалися болі в животі, він дуже схуд. Лікування продовжувалося до 1999 року.

### **1999 рік, м. Лос-Анжелес (США)**

Колишній співробітник однієї з радіохімічних лабораторій забруднив крісло свого колеги радіоактивним фосфором-32. Колега правопорушника отримав дозу опромінення в декілька десятків бер.

З усіх вищенаведених прикладів, коли були здійснені навмисні чи ненавмисні дії, що призвели до опромінення людей, впливає висновок, що це могло б не статися, якби держави вживали необхідних заходів щодо забезпечення фізичної ядерної безпеки радіоактивних матеріалів.

Отже, щоб запобігти радіаційним аваріям, пов'язаним з покинутими, втраченими чи загубленими ядерними чи іншими радіоактивними матеріалами, не допустити здійснення диверсій чи терористичних актів з матеріалами, що знаходяться в незаконному обігу, потрібно повернути всі ці матеріали під регулюючий контроль.



## 6. ПРИСТРОЇ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Під приладами радіаційної розвідки й дозиметричного контролю (далі – радіаційного контролю) розуміють технічні засоби для вимірювання та реєстрації кількісних значень фізичних величин, що характеризують іонізуюче випромінювання.

Прилади радіаційного контролю 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 ступеня забруднення різних поверхонь з метою визначення потреби їх дезактивації або санітарної обробки;
- ✓ вимірювання ступеня забруднення продуктів харчування і води з метою встановлення можливості їх споживання;
- ✓ вимірювання доз опромінення людей.

У загальному випадку *прилади радіаційної розвідки* – це вимірювачі потужності дози для вимірювання радіоактивного випромінювання; *прилади дозиметричного контролю* – комплекти індивідуальних дозиметрів для контролю дозових навантажень.

Будь-який прилад радіаційного контролю обов'язково містить такі складові частини:

- детектор для перетворення енергії іонізуючого випромінювання в інші форми енергії, більш зручні для реєстрації (електричну, світлову, теплову);
- підсилювач для посилення електричних сигналів;
- перетворюючий пристрій для перетворення електричних сигналів по амплітуді, формі, кількості й тривалості;
- показуючий або реєструючий пристрій для перетворення електричного сигналу в прийнятну для людини форму. Реєструючим пристроєм може бути стрілочний прилад, самописець, електромеханічний лічильник, цифровий індикатор, дисплей;
- блок живлення приладу. Для цієї мети можуть використовуватися акумулятори, батареї.

Прилади, як засоби вимірювання, повинні бути метрологічно атестованими. Технічні засоби вимірювання, метрологічні характеристики яких не нормовані, називаються індикаторами.

Класифікація приладів радіаційного контролю залежить, в першу чергу, від:

- ✓ функціонального призначення приладу;
- ✓ типу вимірюваної фізичної величини;
- ✓ виду іонізуючого випромінювання.

За призначенням усі прилади радіаційного контролю поділяються на індикатори, дозиметри, радіометри й спектрометри.

*Індикатори* застосовують для виявлення радіоактивного забруднення місцевості й різних предметів.

*Дозиметри* призначені для вимірювання та реєстрації дози (потужності дози) іонізуючого випромінювання (експозиційної, поглиненої, еквівалентної).

*Радіометри* призначені для вимірювання та реєстрації щільності потоку іонізуючого випромінювання та сумарної активності радіонуклідів.

*Спектрометри* призначені для вимірювання розподілу іонізуючого випромінювання по енергії частинок чи фотонів з наступним формуванням спектру залежно від вимірюваного розподілу. Аналіз отриманого спектру дозволяє ідентифікувати радіоактивні ізотопи за допомогою характерних для них енергетичних ліній спектру. Залежно від виду іонізуючого випромінювання бувають альфа-, бета-і гамма спектрометри.



Особливу групу приладів радіаційного контролю складають прилади індивідуального дозиметричного контролю, які використовуються для реєстрації доз опромінення людини.

Основні характеристики персональних дозиметрів обумовлені цілями індивідуального моніторингу. Основна мета індивідуальної дозиметрії полягає в тому, щоб забезпечити надійне вимірювання робочих величин: еквівалента направленої дози (доза в шкірі) й еквівалента амбієнтної дози (доза в тілі людини) – з належною сумарною похибкою для майже всіх реальних ситуацій незалежно від виду, енергії і напрямку випромінювання. Іншими характеристиками дозиметрів, важливими з практичної точки зору, є їх розмір, форма, маса і спосіб ідентифікації випромінювання. Особливо важливим для вимірювання є залежність чутливості дозиметра від енергії, кількості та напрямку випромінювання.

Іонізуюче випромінювання не може реєструватися органами чуття людини, на відміну, наприклад, від запахів, світла тощо. В той же час відомо, що іонізуюче випромінювання при взаємодії з зовнішнім середовищем викликає в цьому середовищі іонізацію та збуджує нейтральні атоми й молекули, що призводить до змін фізичних, хімічних, фізико-хімічних властивостей опроміненого середовища. Саме це явище взяте за основу реєстрації іонізуючого випромінювання та вимірювання його характеристик.

Один із методів реєстрації іонізуючого випромінювання є **іонізаційний метод**, що заснований на здатності іонізуючого випромінювання викликати іонізацію середовища. Тобто при проходженні через газове середовище іонізуючого випромінювання молекули газу іонізуються, що призводить до збільшення електропровідності газового середовища, адже у речовині з'являються позитивно й негативно заряджені іони. При відсутності електричного поля іони рекомбінують між собою і в результаті в речовині встановлюється рівноважна концентрація іонних пар, яка знаходиться в умовах рівності швидкостей іонізації й рекомбінації при постійній інтенсивності випромінювання.

Якщо до речовини прикласти різницю потенціалів, то в ній виникає електричне поле, під дією якого позитивні іони перемістяться до негативного електрода, а негативні – до позитивного. У результаті цього в колі з'явиться електричний струм. За певних умов сила струму пропорційна інтенсивності випромінювання, що впливає на речовину. Вимірюючи величину струму чи імпульс напруги можна отримати певні дані про характеристики іонізуючого випромінювання.

До детекторів, принцип дії яких оснований на іонізаційному методі відносять лічильники Гейгера-Мюллера, що є основою (чутливим елементом) більшості приладів радіаційного контролю.

Лічильник Гейгера-Мюллера являє собою металічну трубку або скляну (з нанесеною на внутрішню поверхню металічною плівкою), у центрі якої розміщується тонкий дріт. У середині трубки знаходиться інертний газ (як правило аргон) або суміш газів.



Ці лічильники широко застосовуються для вимірювань у полях рентгенівського і  $\gamma$ -випромінювання. Вони виробляють великі імпульси, які можна легко порахувати і обробити. Однак їх динамічний діапазон обмежений через втрати на мертвий час при високих швидкостях відліку. Слід переконатися, що при швидкостях відліку, що перевищують діапазон лічильника, не відбувається скидання показань потужності дози до нульової позначки; ця перевірка відноситься до числа основних при проведенні типових випробувань.

Ефективність реєстрації  $\gamma$ -квантів лічильниками зростає залежно від їх енергії практично лінійно в діапазоні 0,4-1,8 МеВ. Використання лічильників даного типу в імпульсних полях іонізуючого випромінювання може призводити до суттєвої недооцінки вимірюваної радіаційної величини.

Радіометри з лічильниками Гейгера-Мюллера з тонкими стінками чи тонким вікном, що застосовуються для вимірювання фотонного випромінювання, іноді використовують для детектування  $\beta$ -випромінювання. Якщо лічильник забезпечений захисною кришкою, досить товстою для поглинання  $\beta$ -випромінювання, то різниця між показаннями приладу із закритою і відкритою кришкою можна використовувати для того, щоб розрізнити  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювання. Детектори з тонким «вікном» мають прийнятну енергетичну залежність для моніторингу потужності дози  $\beta$ -випромінювання на робочому місці і мають додаткову перевагу, особливо при вимірюванні мінімальної реальної потужності дози, зважаючи на їх малий розмір.

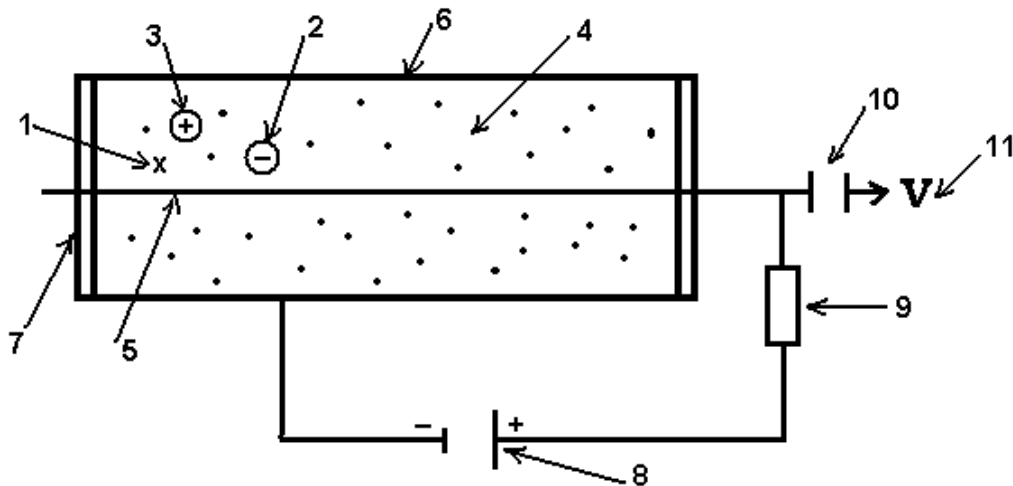


Рис. 6.1 Принципова схема лічильника Гейгера-Мюллера:  
 1 – частинка іонізуючого випромінювання, 2 – електрон, 3 – іон, 4 газ (аргон), 5 – анод, 6 – катод, 7 – діелектрик, 8 – джерело напруги, 9 – опір, 10 – конденсатор, 11 – імпульс.

Наступним важливим методом реєстрації є **сцинтиляційний метод**.

**Сцинтилятори** – це речовини (тверді, газоподібні, рідкі), у котрих процес проходження через них іонізуючого випромінювання супроводжується короткочасними світловими спалахами, що можуть бути виміряні апаратурою із високою світлочутливістю.

Фізична основа сцинтиляційного методу – збудження та іонізація атомів і молекул речовини проходженні через неї заряджених частинок. Через певний час вони переходять в основний випускаючи світлове випромінювання, спектр залежить від структури енергетичних рівнів атомів і молекул речовини. Фотони, що виникають у сцинтиляторі під дією іонізуючого випромінювання, по світлопроводу попадають на фотокатод фотоелектронного помножувача (ФЕП) вибивають з нього фотоелектрони, фотоелектрони проходять через фокусувальну діафрагму й розганяються електричним полем. Проходячи систему помножувальних електродів (динодів) електронний потік підсилюється в середньому в  $10^5$ - $10^6$  разів і потрапляє на анод ФЕП. Величина анодного струму пропорційна кількості сцинтиляцій і, отже, пропорційна інтенсивності випромінювання, що потрапляє на сцинтилятор.



при  
 стан,  
 якого  
 у  
 і

через

Сцинтилятори за своїм ефективним атомним номером досить близькі до повітря, тому при їх використанні для вимірювання потужності дози потрібні мінімальні корекції енергетичної залежності чутливості, за винятком діапазону енергій нижче 0,1 МеВ.

Сцинтиляційні лічильники можна використовувати для вимірювань всіх типів полів рентгеновського і  $\gamma$ -випромінювань. Кристал обсягом  $1 \text{ см}^3$  часто є достатнім для звичайних умов, більш висока чутливість кристалів більшого об'єму дозволяє використовувати їх для вимірювань потужностей доз природного фону. Широко поширені в гамма-спектроскопії кристали  $\text{NaI(Tl)}$ , що є дуже чутливими, однак їх чутливість у великій мірі залежить від енергії.

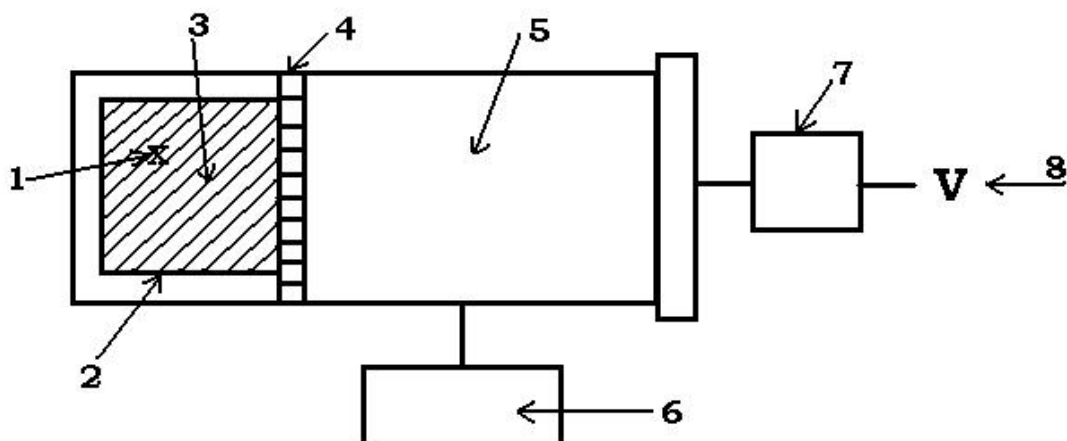


Рис. 6.2 Принципова схема сцинтиляційного детектора:  
 1 – частинка іонізуючого випромінювання, 2 – відбивач світла, 3 – фосфор,  
 4 – фотокатод, 5 – фото помножувач, 6 – джерело високої напруги,  
 7 – попередній підсилювач, 8 – імпульс напруги.

Важливим також є [напівпровідниковий метод](#). Напівпровідник в якості детектора іонізуючого випромінювання виступає як аналог іонізаційної камери, чутливим об'ємом якої є тверде тіло. Під дією іонізуючого випромінювання в напівпровіднику утворюються вільні носії заряду. Якщо до напівпровідника, що знаходиться в полі іонізуючого випромінювання, прикласти різницю потенціалів, то за зміною провідності напівпровідника можна зробити висновок про наявність та інтенсивність іонізуючого випромінювання.

Загальною ознакою напівпровідників є величина їхньої електропровідності, що займає проміжне місце між електропровідністю металів і діелектриків. Напівпровідники відрізняються від металів сильною залежністю питомої електропровідності від концентрації домішок, температури та впливу різних видів випромінювання. Вони є кристалічними речовинами. Напівпровідники характеризуються властивостями як провідників, так і діелектриків. У звичайному стані в напівпровіднику, розміщеному в електричному полі (тобто між позитивно зарядженим і негативно зарядженим електродами), немає значних носіїв електричного заряду. Частинка іонізуючого випромінювання попадає в напівпровідник і створює в ньому електронно-дірочні пари, які під дією електричного поля переміщуються до електродів (рис. 7.3). При цьому в електричному полі виникає електричний імпульс, який можна зареєструвати. Основу напівпровідникових детекторів зазвичай складають кремній чи германій.

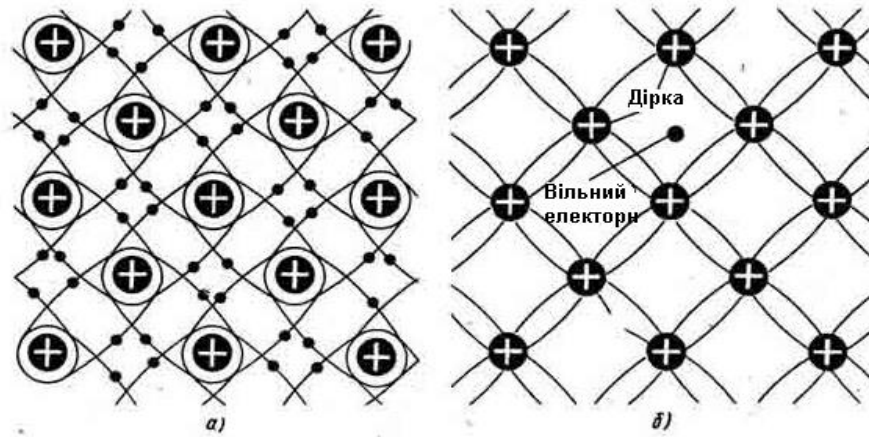


Рис. 6.3 Схема взаємозв'язку атомів у кристалі напівпровідника

Напівпровідникові детектори не використовуються для вимірювань нейтронів. Однак їх можна застосовувати в нейтронних спектрометрах для вимірювань вторинних частинок, таких як протони, тритони і  $\alpha$ -частинки, що утворюються в активаційній фользі з бористого літію, бору,  ${}^6\text{LiF}$ , поліетилену і полікарбонату. Ці детектори є малими за розмірами і чутливими (наприклад, вихід іонізації в десять разів більше, ніж в іонізаційних камерах).

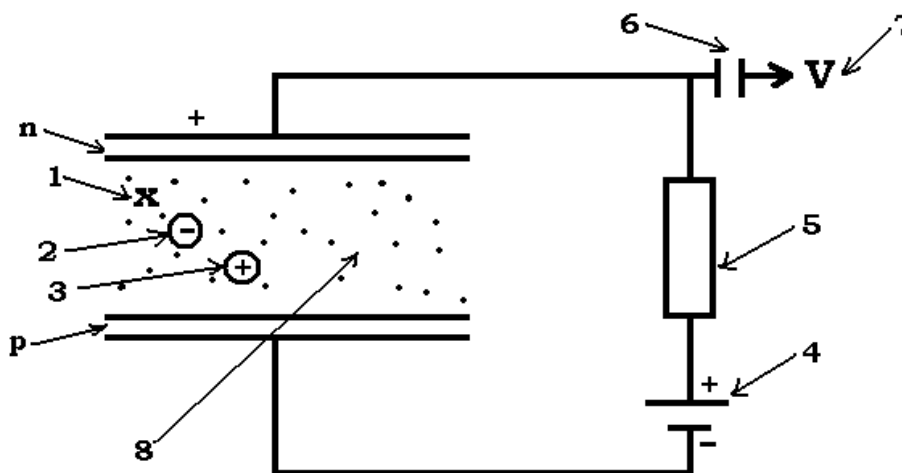


Рис. 6.4 Принципова схема напівпровідникового детектора:

1 – частинка іонізуючого випромінювання, 2 – електрон, 3 – дірка, 4 – джерело напруги, 5 – опір, 6 – конденсатор, 7 – імпульс напруги, 8 – шар напівпровідника з'єднаний носіями електричних зарядів (електронами та дірками).

Сцинтиляційні й напівпровідникові детектори мають свої переваги та недоліки. Залежно від складності спектрів постає вибір детектора, чим складніший спектр, тим більш важливим є роздільна здатність детектора, тут перевагу мають напівпровідникові детектори, адже їх енергетичне розділення знаходиться в межах 0,5 – 20 кеВ, у сцинтиляційних – 20-60 кеВ. Іншим важливим параметром є ефективність детектора, що впливає на швидкість відліку, час виміру, які необхідні для досягнення заданої точності та чутливості, і більш високу ефективність ми можемо отримати в сцинтиляційних детекторах.

Розглядаючи методи реєстрації іонізуючого випромінювання слід пам'ятати, що іонізувати атоми або молекули середовища, яке опромінюється, може тільки заряджена частинка, незалежно від типу заряду (+ чи -). Гамма-кванти та нейтрони не мають електричного заряду, а тому для їх реєстрації використовуються вторинні ефекти взаємодії гамма-квантів з речовиною.

Так, в основі реєстрації гамма-квантів використовуються такі фізичні процеси:

- ✓ фотоефект. При певній величині енергії гамма-квант поглинається електроном атома, а поглинена енергія достатня, щоб електрон здійснив роботу виходу, тобто став вільним, а атом став іоном;
- ✓ комптон-ефект. Гамма-квант розсіюється при взаємодії з електроном атома таким чином, що утворюється новий гамма-квант з меншою енергією, вивільнюється електрон, атом стає іоном;
- ✓ ефект утворення пар. Гамма-квант при певній величині енергії в полі ядра може перетворитися в електрон і позитрон. Нагадаємо, що *позитрон* – елементарна частинка, маса якої рівна масі електрона та яка має такий же заряд, як електрон, але протилежного знаку (+).

У результаті взаємодії гамма-квантів з речовиною утворюються носії електричного заряду (іонізуюче випромінювання), які реєструються детекторами:

- газовими, наприклад, Гейгера-Мюллера лічильники;
- напівпровідниковими;
- сцинтиляційними.

Варто відмітити, що важливим є також реєстрація нейтронів, основана на реєстрації вторинних заряджених частинок, що утворюються при взаємодії нейтрона з речовиною.

Відомі декілька типів взаємодії нейтронів із речовиною, серед яких слід виділити дві наступні:

- ✓ нейтрони, взаємодіючи з ядрами атомів речовини, розсіюються, передаючи частину своєї енергії ядру. Якщо передана енергія досить значна, то ядро віддачі (ядро, на якому розсіявся нейтрон) може іонізувати атоми речовини в місці свого знаходження. Цей механізм взаємодії використовується для реєстрації нейтронів, що взаємодіють з легкими ядрами;
- ✓ нейтрони, взаємодіючи з ядрами атомів середовища, через яке вони проходять, викликають ядерну реакцію, яка породжує протони, альфа-частинки, бета-частинки, осколки ділення, що можуть іонізувати середовище, а значить реєструватися.

Для реєстрації нейтронів використовуються:

- ✓ газонаповнені детектори нейтронів ( $\text{He}^3$  і  $\text{BF}_3$ –детектори теплових нейтронів,  $\text{He}^4$  і  $\text{CH}_4$ –детектори швидких нейтронів);
- ✓ пластмасові та рідинні (органічні) сцинтилятори. Ці детектори використовуються для швидкої реєстрації нейтронів, бо вони характеризуються швидким відгуком, а також, що важливо, помірною вартістю.

В Україні випускається велика різноманітність приладів для реєстрації та вимірювання характеристик іонізуючого випромінювання і нейтронів. В основу роботи будь-якого з цих приладів покладено необхідність вимірювання, опрацювання результатів вимірювання та представлення користувачу потрібної йому інформації.

Найбільш поширеним у радянські часи радіометричним приладом, що застосовувався військовими, був ДП-5В. Хоча випуск ДП-5В припинено в 1992 році, ці прилади донині використовуються як у військах, так і на інших об'єктах. Тому наведемо деякі технічні характеристики цього приладу.

Вимірювач потужності дози (рентгенометр) ДП-5В призначений для вимірювання гамма-випромінювання та радіоактивного забруднення різних предметів на гамма-випромінювання). Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання визначається в мілірентгенах або рентгенах за годину для тої точки простору, в якій розміщений при вимірюваннях блок детектування приладу. Прилад також може визначити наявність бета-випромінювання. На рис.7.5 наведено загальний вигляд приладу ДП-5В.





Рис. 7.5. Вимірювач потужності дози (рентгенометр) ДП-5В

Подальшою модернізацією ДП-5В є дозиметр-радіометр універсальний МКС-У (Екотест, Україна), який зображено на рис.7.6.

МКС-У призначений для вимірювання:

- ✓ потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання;
- ✓ еквівалентної дози гамма-випромінювання;
- ✓ поверхневої густини потоку бета-частинок.



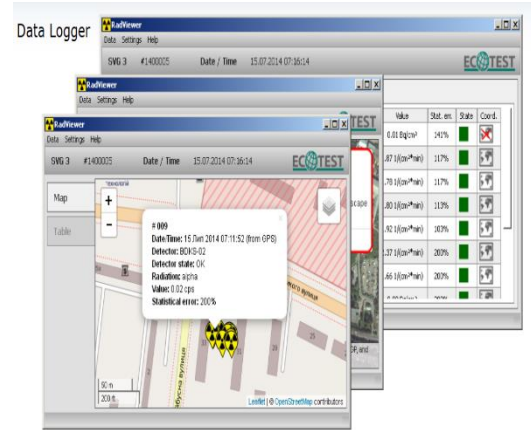
Рис. 7.6. Дозиметр-радіометр МКС-У

У цьому приладі програмуються значення порогових рівнів потужності еквівалентної дози, поверхневої густини потоку бета-частинок. У приладі реалізований автоматичний вибір інтервалів і діапазонів вимірювань. Прилад має вбудовану пам'ять на 4096 результатів вимірювань і може підключатися до персонального комп'ютера для передачі даних через інфрачервоний порт. Прилад є засобом для офіційних вимірювань і може використовуватися персоналом АЕС, радіологічних лабораторій, підрозділами цивільної охорони, пожежної охорони, поліції, митної та прикордонної служб. МКС-У знаходиться на озброєнні Збройних Сил України та Національної гвардії України.



Подальшою модернізацією є прилад МКС-УМ, який може також вимірювати альфа-випромінювання. МКС-УМ має можливість архівувати результати вимірювань з прив'язкою до координат місцевості завдяки вбудованому двосистемному приймачу GPS / ГЛОНАСС.

Одним із приборів цього ж класу на котрий варто звернути увагу є SVG3 Bruker, він дозволяє вимірювати альфа-, бета-, гамма- та нейтронне випромінювання за допомогою зміни детекторів (містить детектор для розширеного діапазону вимірів). Інтервали вимірювань та діапазони перемикаються автоматично й не потребують людського втручання. Важливим є інтегрований модуль GPS, який дозволяє прив'язувати дані вимірів до карти з подальшою передачею даних через канал USB для аналізу.



Характеристики розглянутих вище приладів наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Характеристики приладів МКС-У, МКС-УМ, ДП-5В, SVG3 Bruker

Параметри	Одиниці	МКС-У	МКС-УМ	ДП-5В	SVG3 Bruker
потужності еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювання – за допомогою виносного детектора	мкЗв/год	0,1 – 10 <sup>7</sup>  0,01 -100	0,1 – 10 <sup>7</sup> (0,1- 2*10 <sup>6</sup> )	500x10 <sup>-6</sup> – 2x10 <sup>6</sup>	0,01 – 10 <sup>6</sup>  0,01 – 2*10 <sup>6</sup>
еквівалентної дози гамма- та рентгенівського випромінювання	Зв	10 <sup>-6</sup> – 9,999	10 <sup>-6</sup> – 9,999	-	10 <sup>-7</sup> - 9,99
щільності потоку бета-частинок	1/см <sup>2</sup> ·хв	10 – 2x10 <sup>5</sup>	10 – 2x10 <sup>5</sup> (10 – 3x10 <sup>5</sup> )	-	3x10 <sup>5</sup>
час накопичення еквівалентної дози і точність виміру		1 хв – 100 год ±1 хв за 100 год	1 хв – 9999 год ±1хв за 100 год	-	-

Енергетичні діапазони виміру та енергетична залежність:

гамма- та рентгенівського випромінювання	МеВ	0,05 – 3,0	0,05 – 3,0	0,084 - 1,25	0,05 – 3
бета-випромінювання	Мев	0,3 – 3,0	0,3 – 3,0 (0,15 - 3,0)	-	0,15 - 3

Дискретність програмування порогових рівнів:

по потужності дози	мкЗв/год	0,01	0,01	-	0,01
по дозі	мкЗв	0,01	0,01	-	0,01
по щільності потоку бета-частинок	$10^5/\text{м}^2 \cdot \text{хв}$	0,01	0,01	-	0,01
Час безперервної роботи при живленні від акумуляторної батареї	год	100	не менше 50	55	-



Приладами для вимірювання рівнів радіації, вітчизняного виробництва, що можуть використовуватися для радіаційного контролю є дозиметр-радіометр МКС-05 «Терра» та дозиметр ДКГ-21М.

Дозиметр-радіометр МКС-05 «Терра» призначений для вимірюванні іонізуючого випромінювання, а саме для:

- ✓ вимірювання потужності  $\gamma$ -випромінювання;
- ✓ накопиченої дози  $\gamma$ -випромінювання;
- ✓ поверхневої густини потоку  $\beta$ -частинок.

Дозиметр ДКГ-21М призначений для:

- ✓ вимірювання потужності індивідуального еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінювання;
- ✓ вимірювання індивідуального еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінювання.



Основні технічні характеристики МКС-05 «Терра» і ДКГ-21М наведені у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2. Основні технічні характеристики дозиметрів МКС-05 «Терра» і ДКГ-21М

Характеристики приладу	Величина	МКС-05 «Терра»	ДКГ-21М
Потужність індивідуального еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінювання	мкЗв/год	0,1 - 999,9	0,1 – $10^6$
Індивідуальний еквівалент дози гамма- та рентгенівського випромінювання	мЗв	0,001 - 9999	0,001 - 9999
Енергетичний діапазон реєстрованих гамма- та рентгенівського випромінювання	МеВ	0,05 - 3	0,05 - 6
Густини потоку бета-частинок, в якому можлива оцінка поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами та енергетичний діапазон вимірювання	$1/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$	10 – 100000	-
	МеВ	0,05 - 3	-
Діапазон робочих температур	°С	-10...+50	-20..+50

Попередньо розглянуті прилади радіаційної контролю дозволяють виміряти потужність дози  $\gamma$ -випромінювання, поглинену дозу  $\gamma$ -випромінювання, у деяких приладів наявна можливість виміряти щільність потоку бета-частинок, але вони не можуть відповісти на питання, які саме радіоізотопи формують потужність дози випромінювання чи саму дозу. В той же час, для низки висновків, що стосуються наслідків

радіаційної аварії, встановлення меж зони відселення при радіаційній аварії, прогнозування зміни потужності дози необхідно знати, які радіонукліди роблять внесок у загальний рівень радіації свій. Тому для таких потреб застосовують прилади, що дають змогу ідентифікувати радіонукліди, зазвичай вони використовують сцинтиляційний метод реєстрації, що дозволяє розкласти  $\gamma$ -промені на енергетичний спектр і відповідно по характеристичним пікам  $\gamma$ -променів (їх інтенсивності) робити висновки, щодо присутніх радіоелементів у середовищі.



Одним із таких приладів є МКС-11ГН СПЕКТРА це високочутливий та компактний прилад для виявлення, локалізації та ідентифікації радіоактивних та ядерних матеріалів за їх зовнішнім гамма- та нейтронним випромінюванням та амплітудним гамма-спектром. СПЕКТРА ідентифікує радіонукліди з зазначенням категорії, до якої вони належать (відповідно до вимог МАГАТЕ). Застосовується з метою запобігання незаконному переміщенню радіоактивних матеріалів через державні кордони, а також на підприємствах та в установах, де проводяться роботи з джерелами гамма- та нейтронного випромінювання, та призначений для:

- ✓ ідентифікація типу радіонуклідів за їх амплітудними гамма-спектрами;
- ✓ визначення інтенсивності гамма- та нейтронного випромінювання;
- ✓ вимірювання потужності амбієнтного<sup>3</sup> еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінювання;
- ✓ індикація потужності амбієнтного еквівалента дози нейтронного випромінювання;
- ✓ вимірювання амбієнтного еквівалента дози (АЕД) гамма- та рентгенівського випромінювання;
- ✓ збереження в енергонезалежній пам'яті амплітудних гамма-спектрів і переліку подій, які зберігаються у лог-файлі.

Вартим уваги є прилад МКГ-АТ1321 виробництва Атомтех (Білорусія), який призначений для пошуку і виявлення джерел  $\gamma$ -випромінювання з можливістю ідентифікації радіонуклідного складу, а також дозволяє вимірювати потужність еквівалентної дози  $\gamma$ -випромінювання. МКГ-АТ1321 дозволяє аналізувати спектр та проводити ідентифікацію радіонуклідів без використання ПК і містить вбудований GPS-модуль для прив'язки вимірювань до місцевості, що дає можливість проводити дозиметричну зйомку місцевості та радіаційне картографування.



<sup>3</sup> Амбієнтний еквівалент дози  $H^*(d)$  – це доза, яку отримала би людина, якби вона перебувала на місці, де проводиться вимірювання. Одиниця амбієнтного еквівалента дози – зіверт (Зв).





МКС-PM1401К-3 POLIMASTER (Білорусь) є багатофункціональним приладом, який об'єднує в собі функції пошукового прибору, радіометра, дозиметра, спектрометра й радіоізотопного ідентифікатора. Можливості приладу дозволяють вирішувати широкий спектр завдань радіаційного контролю: від пошуку та локалізації джерел іонізуючого випромінювання до вимірювання активності радіонуклідів у виявлених джерелах. Завдяки малогабаритності, герметичності, ударостійкому корпусу, рідкокристалічному екрану з люмінесцентним підсвічуванням, прилад можна експлуатувати в жорстких і несприятливих кліматичних умовах.

Призначений для служб митного й прикордонного контролю, швидкого реагування, служб безпеки й силових структур. Може використовуватися в радіологічних й ізотопних лабораторіях, на підприємствах, де використовуються ядерні установки й ДІВ.

Прилад гарантує пошук, виявлення і локалізацію радіоактивних матеріалів, шляхом реєстрації гамма та рентгенівського (фотонного), нейтронного, альфа та бета випромінювання. Обладнаний енергонезалежною пам'яттю, в якій зберігається до 500 історій, що включають результати вимірювань, подій виявлення джерел при перевищенні порогів сигналізації, а також до 99  $\gamma$ -спектрів, ця інформація може бути передана на ПК для подальшої обробки.

FLIR identiFinder R440 (США) – пристрій дозволяє виявляти та ідентифікувати радіонуклідні джерела. Має високу роздільну здатність та розширений енергетичний діапазон. Пилевологозахисний та має ударостійкий корпус. Особливістю даного пристрою є збір й обробка даних з подальшим визначенням місця розташування джерела відносно користувача (режим 360° EasyFinder).

Основні характеристики приладів МКС-11ГН СПЕКТРА, МКГ АТ 1321, МКС-PM1401К-3 POLIMASTER, FLIR identiFinder R440 наведено в таблиці 7.3.

Варто розглянути і портативний спектрометр InSpector



1000 фірми Canberra Packard (США) – це портативний гамма-спектрометр з можливістю виміру

потужності дози, визначення нуклідного складу і визначення активності. Його можна використовувати в польових умовах для виміру дози, швидкості відліку, активності, а також для набору та аналізу спектру з наступною ідентифікацією нуклідів. InSpector 1000 обробляє набрані спектри в реальному часі, проте може їх зберігати та передавати на ПК для подальшої детальної обробки спеціальними програмними комплексами. Додатково може бути обладнаний зовнішнім блоком для детектування наявності нейтронів.

Для дозиметричного контролю особового складу застосовуються комплекти індивідуальних дозиметрів ДП-22В і ДП-24, котрі призначені для контролю експозиційних доз гамма-опромінення, отримуваних людьми при роботі на зараженій радіоактивними речовинами

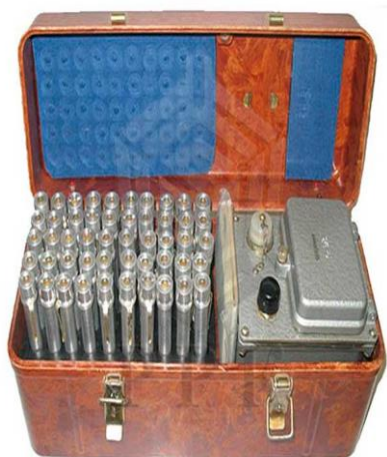




місцевості або при роботі з відкритими і закритими джерелами іонізуючого випромінювання.

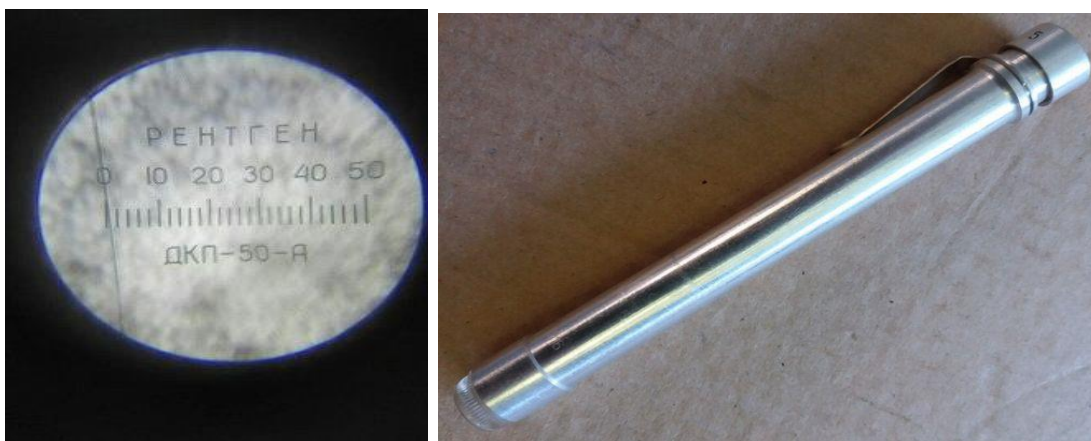
Таблиця 7.3. Основні технічні характеристики приладів МКС-11ГН СПЕКТРА, МКГ АТ 1321, МКС-PM1401К-3 POLIMASTER, FLIR identiFinder R440

	Величина	СПЕКТРА МКС-11ГН	МКГ АТ1321	МКС PM1401 К	FLIR R440
Потужність індивідуального еквівалента дози гамма- та рентгенівського випромінень	мкЗв/год	0,01мкЗв/год-1 Зв/год	30нЗв/год – 100мЗв/год	0,1 мкЗв/год – 0,1 Зв/год	10нЗв/год – 500 мЗв/год
Індивідуальний еквівалент дози гамма- та рентгенівського випромінень	мЗв	0,01мкЗв – 9,999Зв	-	-	-
Енергетичний діапазон реєстрованих гамма- та рентгенівського випромінень	МеВ	0,02...3,0	0,02...3,0	0,015 – 15	0,01-10МеВ
Діапазон енергій нейтронного випромінення, що реєструється	МеВ	$2,5 \cdot 10^{-8} - 14$	-	$2,5 \cdot 10^{-8} - 14$	-
Чутливість до нейтронного випромінення: - для теплових нейтронів, не менше - для швидких нейтронів, не менше	імп. см <sup>2</sup> /нейтрон імп. см <sup>2</sup> /нейтрон	1,2±0,12 0,12±0,012	-	7	-
Діапазон індикації ПАЕД нейтронного випромінення		0,01мкЗв/год-10 мЗв/год	-	-	-
Діапазон робочих температур	°С	-20...+50	-20...+50	-20...+50	-20...+50



Комплект ДП-22-В складається із зарядного пристрою ЗД-5 і 50 індивідуальних дозиметрів кишенькових, що прямопоказуючого типу ДКП-50-А. Комплект ДП-24 складається з зарядного пристрою і п'яти дозиметрів ДКП-50-А.

Дозиметр кишеньковий прямопоказуючий ДКП-50-А призначений для виміру експозиційних доз гамма-випромінювання. Конструктивно він виконаний у формі авторучки.



Принцип дії прямопоказуючого дозиметра подібний до дії простого електроскопу. Коли дозиметр заряджається, то між центральним електродом з платинованою ниткою і корпусом камери створюється напруга. Оскільки нитка і центральний електрод сполучені один з одним, вони отримують однойменний заряд і нитка під впливом сил електростатичного відштовхування відхилиться від центрального електроду. Шляхом регулювання зарядної напруги нитка може бути встановлена на нулі шкали. При дії радіоактивного випромінювання в камері утворюється іонізаційний струм, внаслідок чого заряд дозиметра зменшується пропорційно дозі опромінення і нитка рухається за шкалою, оскільки сила відштовхування її від центрального електроду зменшується по порівнянню до первинної. Тримавши дозиметр проти світла і спостерігаючи через окуляр за ниткою, можна у будь-який момент зробити відлік отриманої дози опромінення.

Дозиметр ДП-22В забезпечує вимір індивідуальних доз гамма-опромінення в діапазоні від 2 до 50 Р при потужності дози випромінювання від 0,5 до 200 Р/ч. Саморозряд дозиметрів в нормальних умовах не перевищує двох поділів за добу.

Дозиметр під час роботи в районі дії гамма-випромінювання носить в кишені одягу. Періодично спостерігаючи в окуляр дозиметра, визначають по положенню нитки на шкалі величину дози опромінення, отриману під час роботи.

Для радіаційної розвідки і дозиметричного контролю персоналу (особового складу) варто застосовувати автономні комплекси, які даватимуть змогу контролювати і оцінювати дозове навантаження і відповідно вимірювати потужність дози на місцевості, передаючи дані моніторингу на віддалений сервер для подальшої обробки та оцінки оперативних даних з прив'язкою до поточного часу, дати та географічних координат з можливістю виведення таких даних та тактичну карту в онлайн режимі.

Розглянемо приклади деяких приладів радіаційного контролю, що застосовуються іноземними державами.

На озброєнні армії НАТО знаходиться прилад радіаційної розвідки SVG-3, виробництва фірми Bruker, про який ми вже згадували у цьому розділі. Розглянемо більш детально його характеристики.

Базова модель SVG-3 має такі характеристики:

- ✓ автоматичний вибір діапазону вимірювань типу радіації;
- ✓ вмонтований GPS модуль;
- ✓ можливість запису до 4096 результатів вимірів, пов'язаних з прив'язкою до місцевості через GPS;
- ✓ робочий температурний діапазон від -30°C до 55°C;
- ✓ дуже легкий в оперуванні, вимагає мінімум навчання для освоєння роботи з ним;
- ✓ має сонячні батареї;
- ✓ IR/USB інтерфейс;
- ✓ габаритні розміри приладу 170x70x130 мм;
- ✓ маса 1,5 кг.

Експлуатаційні характеристики базової моделі:

- ✓ потужність дози від 0,1 мкГр/год до 1 Гр/год;
- ✓ доза від 0,1 мкГр до 9,999 Гр;
- ✓ енергетичний діапазон від 50 кеВ до 3 МеВ.

Експлуатаційні характеристики з альфа-, бета-, гамма-зондами

- ✓ потужність дози гамма- чи рентгенівського випромінювання – від 0,1 мкГр/год до 2 Гр/год;
- ✓ бета-частинки (енергія від 150 кеВ до 3 МеВ) – від 0 до 300000 1/см<sup>2</sup>хв;
- ✓ альфа-частинки (енергія від 4 до 8 МеВ) – від 0 до 300000 1/см<sup>2</sup>хв.

З нейтронним зондом SVG-3 має такі експлуатаційні характеристики:

- ✓ теплові нейтрони від 10 до 10<sup>5</sup> N/см<sup>2</sup>хв;
- ✓ швидкі нейтрони від 50 до 10<sup>5</sup> N/см<sup>2</sup>хв.

За умов аварії, подібної до аварії на 4-му блоці ЧАЕС, при наявності сильного забруднення повітря радіоактивними аерозолями й дисперсними частинками радіоактивних речовин детектори приладів радіаційної розвідки забруднюються в зонах з високою потужністю дози й при роботі в зонах невеликої потужності дози будуть давати покази, що перевищують реальні потужності дози. Це потрібно враховувати при організації радіаційної розвідки шляхом придбання чи виготовлення пластикових чохлаів для детекторів гамма-випромінювання та бета-частинок і металічних чохлаів для детекторів нейтронів.

## 7. 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 приготовлених 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 постраждалих. Деконтамінація проводиться незалежно від наявності у постраждалого симптомів, які характерні для клінічної картини дії ураження РХБ речовинами.

Відповідно до Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки України(ОСПУ):

дезактивація - видалення радіоактивних речовин з якої-небудь поверхні чи з якогонебудь середовища або зниження рівня забруднення фізичними чи хімічними засобами.

Кінцевою ціллю дезактивації є забезпечити безпеку людей, виключити або мінімізувати можливість шкідливої дії іонізуючого випромінювання на організм людини.

В загальному випадку, зменшення рівня радіоактивного забруднення можливе природним шляхом без участі людини та штучним, з активною участю людини. Природний шлях полягає у зменшенні рівня радіоактивності через природний розпад радіоактивних елементів. Саме цим пояснюється швидкий спад радіоактивності у перші години після інциденту із викидом радіоактивних речовин. Пов'язано це з тим, що значна кількість ізотопів мають малий період напіврозпаду. Наявність довгоживучих ізотопів вимагає проведення спеціальних заходів дезактивації.

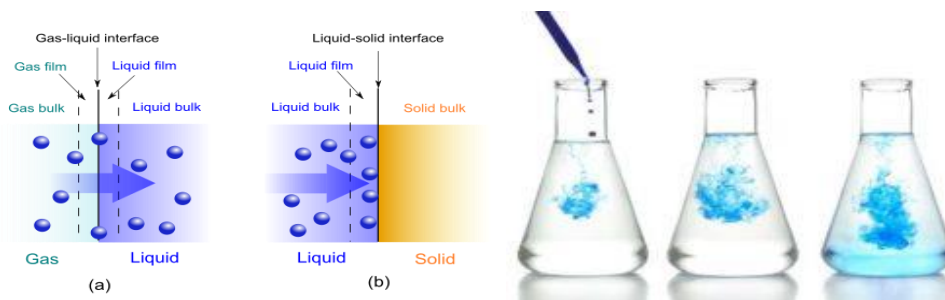
Процес дезактивації відбувається у два етапи, перший з яких полягає у подоланні зв'язку між носіями радіоактивного забруднення та забрудненою поверхнею і другий – видалення радіоактивного забруднення з цієї поверхні.

Характер радіоактивного забруднення визначається рядом факторів: природою поверхні і станом речовини, що контактує з поверхнею та містить радіонуклід; хімічними властивостями; фізико-хімічними властивостями; часом контакту радіонукліда з поверхнею. В основі зараження лежать три процеси адгезія, сорбція та дифузія.

При адгезивному забрудненні радіоактивні частинки утримуються на поверхні силами адгезії (прилипання). Адгезивні частинки легко видаляються з поверхні, якщо сила відриву буде більшою, ніж сила адгезії. У водному середовищі сила адгезії значно зменшується. Рідше можна зустріти випадки поверхневого та глибокого зараження. Вони пов'язані з процесами адсорбції, іонного обміну та дифузії.

Сорбція – процес поглинання твердим тілом або рідиною речовини із навколишнього середовища.

Дифузія – рух частинок середовища(молекул, атомів, іонів), що призводить до переносу речовини і вирівнюванню концентрації частинок в середовищі, що розглядається.



У таких випадках верхній шар, який є зараженим, слід видалити разом з радіоактивними речовинами.

В загальному випадку всі ці процеси відбуваються наступним чином: адгезія радіоактивних речовин на поверхні – сорбція ізотопів, іонний обмін – дифузія, утворення оксидної плівки.

Механізм радіоактивного забруднення поверхонь визначає форму зв'язку радіонуклідів з поверхнею, а форма зв'язку визначає вибір способу або технології дезактивації. По формі зв'язку забруднення класифікується у відповідності до НРБУ-97 на фіксоване радіоактивне забруднення та нефіксоване радіоактивне забруднення.

Радіоактивне забруднення поверхні, що знімається (нефіксоване) - частина забруднення поверхонь радіонуклідами (радіоактивними речовинами), що спонтанно або при експлуатації переходять із забрудненої поверхні в навколишнє середовище або знімаються засобами дезактивації.

Фіксоване (що не знімається) радіоактивне забруднення поверхні - частина забруднення поверхонь радіонуклідами (радіоактивними речовинами), які спонтанно або при експлуатації не переходять в навколишнє середовище і не може бути видалено методами дезактивації (без порушення їх цілісності).

Окрім того всі методи дезактивації можна розділити на рідинні та безрідинні.

Рідинний - видалення радіоактивних речовин струменем води або паром, або внаслідок фізико-хімічних процесів між рідким середовищем та радіоактивними речовинами.

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

Ефективність рідинного методу залежить від напору води, розходу, відстані до оброблюваної поверхні та тих добавок, які використовуються. Наприклад, найбільший коефіцієнт дезактивації досягається шляхом регулювання струменя під кутом від 30° до 45° до обробки поверхні. Для зменшення використання води та дезактиваційних розчинів на одиницю поверхні, доцільно використовувати щітки. Щітки значно впливають на результат дезактивації, особливо в початковий період забруднення. Серед безрідинних механічних методів дезактивації слід виділити вакуумну очистку, змивання, видалення забрудненого шару. Дезактивація території з твердим покриттям здійснюється механічним методом.

Дезактивація - це операція, цілями якої можуть бути зменшення професійного опромінення, зменшення можливості викиду радіоактивних речовин у навколишнє середовище, повторне використання матеріалів, а також спрощення обробки РАВ.

У програмах радіаційного захисту, цілі дезактивації:

- зменшення радіаційного опромінення;
- покращення умов для радіаційного захисту персоналу, населення та навколишнього середовища;
- утилізація обладнання та матеріалів;
- зменшення обсягу обладнання та матеріалів, які потребують захоронення;
- відновлення території та обладнання або їх частини для подальшого використання;
- видалення не фіксованого радіоактивного забруднення.



Варто розуміти, що ступінь забруднення різних матеріалів залежить від фізико-хімічних властивостей радіоактивних речовин та властивостей забруднених поверхонь. Пористі, грубі, добре зволожені поверхні легко сорбують радіоактивні речовини і погано дезактивуються. Значно менше забруднюються радіоактивними речовинами та легко очищаються матеріалами з гладкими поверхнями.

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. Ефективність дезактивації характеризується коефіцієнтом дезактивації, рівним співвідношенню поверхневої активності забруднення до дезактивації та активності після дезактивації.

Існує досить велика кількість методів дезактивації. Всі методи дезактивації поділяються на три основні категорії:

- Хімічні;
- Електрохімічні;
- Механічні.

До хімічних методів дезактивації відносяться:

- Ванний спосіб;
- Ультразвукова дезактивація;
- Дезактивація гелями
- Дезактивація пінами;
- Пароемульсійний спосіб;
- Травлення реагентами;
- Фізико-хімічна (гідромеханічна) дезактивація;
- Видаляемі полімерні покриття.

Хімічні методи ґрунтуються на взаємодії радіоактивних відкладень з дезактиваційним розчином, який контактує, заповнює або в який занурюється (занурювальний метод) устаткування. Ці методи в основному використовуються для дезактивації поверхонь. Вони засновані на розчиненні та змиванні оксидних шарів, утворених на поверхнях на яких накопичилися радіонукліди. Одним із варіантів методів хімічної дезактивації є використання полімерних плівок, що потім видаляються. Методи хімічної дезактивації включають в себе використання концентрованих або розведених розчинників, які при контакті з забрудненою поверхнею, очищають основний матеріал від радіоактивних забруднювачів. Розчинення забруднюючої плівки не знищує основний матеріал. Хімічна дезактивація ефективна зі зменшенням радіоактивності на великих поверхнях, таких як підлога та стіни. Коефіцієнт дезактивації хімічного методу варіюється в межах від 2 до 10 за цикл дезактивації та залежить від температури дезактиваційних розчинів, швидкості їх циркуляції, структурних особливостей поверхонь та інших факторів.

Занурювальний метод забезпечує дезактивацію обладнання, інструментів або демонтованих деталей у купальних ваннах з місткістю, достатньою для повного занурення дезактиваційного елемента в розчин з можливістю повторного використання дезактиваційних розчинів. До дезактиваційних ванн, як правило, передбачається стаціонарне підведення дезактиваційних розчинів, конденсату та стисненого повітря; вони обладнані пристроями для змішування та нагрівання дезактиваційних розчинів у ваннах.

Паро-емульсійний метод використовується для дезактивації зовнішніх поверхонь техніки, контейнерів, поверхонь підлоги та стін. Ефект методу досягається шляхом обробки поверхні сумішшю дезактиваційного розчину та пари під тиском 0,8-1,5 МПа, які подаються за допомогою спеціального пристрою (ежектору).

Метод дозволяє достатньо швидко видаляти слабофіксоване забруднення, а також розрихлювати щільні радіоактивні відкладення на поверхнях обладнання та приміщень.

Дезактивація металевих поверхонь з використанням електрохімічних процесів, іноді називають електрошліфуванням і ґрунтується на анодному розчиненні поверхневого

шару металевих поверхонь, що містять радіоактивне забруднення, в електроліті при пропусканні через нього постійного струму. В якості електроліту, часто використовуються розчини шавлевої, сірчаної та ортофосфорної кислоти. У випадку використання лужних електролітів електрохімічний ефект дещо нижче, ніж використання кислотних електролітів. Коефіцієнт дезактивації становить щонайменше 100. Метод використовується для дезактивації окремих ділянок поверхні обладнання, монтажних вузлів та деталей.

Ультразвуковий метод зазвичай використовується для дезактивації забрудненого спецвзуття та невеликого інструменту. Дезактивація в даному методі здійснюється в результаті спільного впливу рідкого середовища та факторів, що виникають у цьому середовищі під дією ультразвуку. Найбільші значення коефіцієнта дезактивації (до 1000) досягаються внаслідок поєднання ультразвукових дій та властивостей дезактиваційних розчинів, склад яких визначається особливостями радіоактивного забруднення.

В даний час переважно застосовують хімічні та гідрохімічні методи дезактивації, але вони потребують великого споживання кислоти, лугів, поверхнево-активних речовин. Такі методи є трудомісткими та призводять до утворення значної кількості рідких РАВ. Для хімічної дезактивації необхідне знання хімічного складу забруднення, дані про корозійні процеси та відходи.

До переваг хімічних методів відноситься те, що їх можна застосовувати в складнодоступних місцях і вони не займають багато часу. В той же час дані методи мають також недоліки серед яких: неефективність на пористих поверхнях, утворення великої кількості відходів, можливість корозії та пошкодження поверхонь обладнання, що проходило дезактивацію.

Розглянемо механічні методи дезактивації, до них відносять:

- Абразивні способи;
- Струменеві способи
- Дезактивація фреоном;
- Дезактивація за допомогою льоду;
- Вакуумна очистка;
- Крацювання;
- Ручна абразивна очистка
- Дезактивація плавленням;
- Аерозольно-гідродинамічний спосіб.

Механічні методи дезактивації базуються на фізичному видаленню радіоактивного забруднення з поверхонь за допомогою різних механічних засобів, інструментів або пристосувань та фізичних явищ. Основним недоліком більшості механічних методів є утворення великої кількості пилу, аерозолів, випару, великої кількості твердих та рідких відходів, а також необхідності доступу до поверхні обладнання, що підлягає дезактивації. Використання даних методів не виключає можливого додаткового опромінення людей.

Методи механічної дезактивації можуть розглядатися в якості очистки поверхні без використання хімічних реагентів. Проте може застосовуватися окремо від хімічного методу дезактивації, одночасно з ним та після нього на будь-якій поверхні і дає високий коефіцієнт дезактивації особливо в поєднанні. Для дезактивації пористих поверхонь механічна очистка являється кращим варіантом із усіх можливих.

Абразивні методи очистки найбільш продуктивні, до них належать: віброабразивна очистка, пневмоабразивна очистка(піскоструменева), гідроабразивна та пароабразивна. До переваг абразивних методів відносять універсальність (застосовність до будь-яких видів поверхонь) та високі коефіцієнти дезактивації.

Струменеві методи використовують воду як універсальний засіб проведення дезактивації, що дозволяє розчиняти хімічні речовини і очищати за допомогою струменевої промивки поверхні матеріалів від забруднення. Для збільшення ефективності очистки можна піднімати температуру води, застосовувати миючі засоби та використовувати воду під тиском. Слід пам'ятати, що ефективність водяної промивки вища, чим менший час знаходження забруднення на поверхні. Метод дезактивації

струменем води доступний та широко застосовується при дезактивації обладнання, транспортних засобів. Ефективність залежить від структури струменя, розходу води і напору перед насадкою, що генерує струмінь. Інтенсифікація процесів очистки здійснюється введенням ПАР або дезактивуючих розчинів в робочу рідину або використання в якості робочих рідин водних розчинів технічних миючих речовин.

Досить часто до методів дезактивації включають пилоподавлення різними засобами та способами, які не є безпосередньою дезактивацією, але часто мають обмежувальні властивості. Наприклад, на об'єкті "Укриття", в силу його конкретних властивостей, пилоподавлення відіграє більш важливу роль у радіаційному захисті персоналу, ніж дезактивація.

Вибір методу дезактивації залежить від конкретних умов його реалізації: зручності, простоти, матеріальних витрат тощо. Кінцевий спосіб дезактивації повинен враховувати фактори та критерії, що стосуються умов конкретного майданчику. Ці критерії включають:

- місце забруднення (внутрішня або зовнішня поверхня);
- тип матеріалу, що дезактивується;
- характер забруднення (оксид, відкладення, аерозоль, осад);
- ефективність застосування методів дезактивації;
- розподіл забруднення (поверхні, тріщини, однорідне);
- вплив на навколишнє середовище;
- питання безпеки, екологічні та соціальні проблеми;
- зменшення рівня радіаційного опромінення;
- кількість і тип вторинних відходів після дезактивації;
- остаточне розташування забруднених матеріалів;
- час;
- вартість.

Зовнішня деконтамінація вимагає максимального видалення радіоактивних речовин з поверхні тіла та засобів індивідуального захисту. При потрапленні радіоактивних речовин до шлунку проводять його промивання чистою водою з ентеросорбентами при їх наявності.

Знезараження людей та засобів індивідуального захисту, як частину комплексу заходів деконтамінації називають санітарною обробкою.

Санітарна обробка забруднених радіоактивними речовинами осіб з персоналу та населення полягає у видаленні радіоактивних речовин з поверхні шкіри й слизових оболонок людини.

Санітарна обробка може бути частковою чи повною. Часткова санітарна обробка – механічне очищення і обробка відкритих ділянок шкіри, поверхні одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, а також обмивання чистою водою рук, шиї, обличчя, полоскання рота й горла. Така обробка здійснюється безпосередньо в районі проведення аварійно-рятувальних робіт.

Повна санітарна обробка осіб з персоналу й населення забруднених радіоактивними речовинами здійснюється після виводу осіб з персоналу й населення з зони враження та полягає в повному знезараженні тіла людини за допомогою відповідних засобів. Санітарна обробка (повна) проводиться в стаціонарних обмивочних пунктах, банях, душових кімнатах чи на спеціально підготовлених майданчиках. Основна умова успішної повної санітарної обробки – створення умов, за яких особи, що пройшли обробку, не пересікаються з особами, що направляються на обробку.



Ефективність часткової чи повної санітарних обробок контролюється засобами й процедурами дозиметричного контролю, який здійснюється до обробки та після обробки. Повинні бути встановлені критерії ефективності повної санітарної обробки, які у різних випадках можуть бути різними.

При деконтамінації постраждалого важливо враховувати, що деякі радіоактивні речовини можуть призводити також до хімічних ушкоджень при надходженні в організм у вигляді кислот, свинцевих сполук.

У цілому деконтамінацію слід починати з очищення відкритої шкіри і ран, а також отворів тіла, що необхідне для запобігання внутрішнього забруднення та зменшення дози, яку випромінює постраждалий на інші частини тіла. Коли ж немає відкритих ділянок шкіри деконтамінацію розпочинають із зняття спецодягу та обмивки засобів індивідуального захисту.

### Дезактивація спецодягу.

Радіоактивне забруднення спеціального одягу стає джерелом зовнішнього опромінення працівника та можливою причиною забруднення шкіри або надходження радіоактивних речовин всередину організму.

Забруднення спецодягу та засобів індивідуального захисту зазвичай відбувається при контакті з радіоактивною поверхнею та в результаті осідання радіоактивних речовин з повітря. ЗІЗ до яких відносяться костюми, окуляри, рукавиці, протигази, що виготовлені з синтетичних і полімерних матеріалів, піддаються зазвичай поверхневому забрудненню.

Основними факторами, що впливають на забруднення є статична електрика, зношення тканин, жиромасляні плівки, структура та вид тканини.

Дезактивація забрудненого одягу здійснюється, як правило, методом прання на спецпральні. Дезактивація шляхом прання повинно здійснюватися відповідно до технологічного процесу, основними стадіями якого є: приймання та сортування спецодягу; обробка в пральних машинах та барботажних ваннах; віджим і сушіння. Прання спецодягу повсякденного використання здійснюється, як правило, окремо від плівкового одягу та рукавичок. Крім того, можна сортувати за типом спецодягу: комбінезони, халати, шкарпетки, нижня білизна, рушники. При прийнятті на прання обов'язковим є дозиметричний контроль та сортування спецодягу відповідно до ступеня забруднення.

Дезактивація засобів індивідуального захисту здійснюється шляхом миття розчинами із поверхнево активними речовинами або спеціальними розчинами, після чого засоби ЗІЗ знімаються та за необхідності особа направляється на санітарну обробку.

В залежності від типу ЗІЗ та ступеня залишкового забруднення, їх утилізують (РАВ) або піддають подальшій дезактивації.

### Дезактивація шкіри.

Незважаючи на використання спецодягу та ЗІЗ, можна забруднити радіонуклідами шкіру. Забруднення відкритих ділянок тіла (обличчя, рук) може відбуватися безпосередньо в процесі роботи, а також при знятті ЗІЗ. Забруднення решти тіла може відбутися з порушенням правил використання або зняття комбінезону та додаткових ЗІЗ, а також з порушенням технології робіт (неакуратне поводження). При виявленні забруднення шкірних покривів необхідно приступити до їх дезактивації якнайшвидше, так як зі збільшенням часу контакту радіонуклідів із шкірою ефективність очистки знижується.



Завжди слід мати на увазі, що дезактивація шкіри не повинна спричинити її додаткове сильне роздратування. Всі засоби дезактивації шкіри (не враховуючи звичайне мило та щітку) певною мірою призводять до пошкодження шкіри через механічний або хімічний вплив, тому їх не можна використовувати довільно.

Людина, яка працює з радіоактивними речовинами, повинна ретельно контролювати чистоту та еластичність шкіри та коротко підстригати нігті, так як суха шкіра, тріщини та подряпани погіршують результат дезактивації.

Потрібно пам'ятати, що не фіксоване забруднення, яке легко змивається, становить найбільшу небезпеку, оскільки може потрапити всередину тіла.

Широке забруднення радіоактивністю тіла зустрічається рідко. У більшості випадків забруднення піддається відкритим районам тіла - руки, обличчя, голови.

Оптимальна температура для дезактивації шкірних покривів становить 30-32°C, застосування гарячої води призводить до розширення пір і сприяє проникненню радіоактивного забруднення всередині тіла.

За наявності забруднення тіла, необхідно обов'язково прийняти душ, з наступною перевіркою результатів дезактивації організму. Якщо залишкове забруднення перевищує допустиму норму, дезактивація повинна бути повторена. Зазвичай для досягнення повноти дезактивації, весь санітарний процес обробки повинен бути кілька разів повторений.

Ефективність дезактивації значно залежить від часу з моменту забруднення. Найефективніша перша дезактивація. Очищення шкіри до повного видалення радіоактивних речовин може бути довгостроковим процесом.

При локальному забрудненні шкіри, відповідну частину тіла (руки) ретельно промивають водою із використанням мила і м'якої щітки протягом 2-3 хвилин. Забруднена поверхня шкіри повинна бути покрита густою піною, яка потім змивається. Використовуйте щітку потрібно без натиску, не можна подразнювати шкіру. При дезактивації рук, особлива увага повинна приділятися очистці складок шкіри, лунок нігтів. Процедуру повторюють, щонайменше в 3-4 рази. Протирають шкіру і вимірюють залишкову радіоактивність.

Наказ МОЗ №322 від 25.05.2011 *«Про затвердження Методичних рекомендацій з проведення деконтамінації постраждалих внаслідок дії хімічних, радіаційних чинників та біологічних агентів»* рекомендує, що для очищення непошкодженої шкіри деконтамінацію слід починати з використання менш агресивних методів очищення для того, щоб звести до мінімуму ризик механічних, хімічних або термічних пошкоджень шкіри. Найпростішим методом деконтамінації є промивання контамінованої поверхні слабким струменем води при одночасному застосуванні хірургічної губки. Повторює тезис, що вода має бути теплою, оскільки гаряча вода відкриває пори шкіри, що сприяє абсорбції радіоактивних речовин через шкіру, холодна вода - закриває пори, де можуть залишитись радіоактивні речовини. Якщо миття простою водою з губкою неефективне, доцільно застосувати м'яке мило. Уражене місце рекомендується 3-4 хвилини обережно терти губкою з милом, а потім промивати водою протягом 2-3 хвилин і при необхідності повторити. Необхідність повторення обумовлена радіаційним контролем, який слід проводити після кожної серії процедур миття.

Ефективним засобом для проведення деконтамінації є також гідрокарбонат натрію (сода), розчинений у воді в співвідношенні 1:10.

Більш агресивні способи деконтамінації шкіри припускають видалення частини епітелію, для чого можливо використовувати дуже тонкий наждачний папір (для деконтамінації ступнів і долонь).

Коли рівень контамінації не вдається зменшити, процедури деконтамінації припиняють.

Деконтамінації волосся є також важливим аспектом його промивають шампунем, милом, потім 3% розчином лимонної кислоти та знову шампунем і промивають водою. Голова при митті повинна бути нахилена назад, так щоб вода не текла по обличчю та тілі. Волосся висушують феном і вимірюють залишкову радіоактивність. При необхідності,



дезактивація повторюється. Якщо не вдається змити залишкове забруднення, то у такому випадку волосся зістригають. Голити його не рекомендують, оскільки можливі при цьому дрібні порізи і подразнення шкіри можуть обумовити внутрішню контамінацію. При митті голови слід уникати попадання води в очі, вуха, рот та ніс.

Забрудненні отвори тіла (рот, ніс, очі і вуха) вимагають особливої уваги, оскільки поглинання радіоактивних речовин в цих зонах відбувається значно швидше, ніж через шкіру.

При забрудненні радіоактивними речовинами слизової оболонки очей або порожнини рота, потрібно виконувати рясне промивання слизової оболонки теплою дистильованою водою або 2% розчином соди, або у відповідності до наказу МОЗ №322 при потраплянні радіоактивних речовин через рот, слід негайно почистити зуби зубною пастою і кілька разів прополоскати рот 3% розчином лимонної кислоти. Уражені мигдалини доцільно прополоскати горло 3% розчином перекису водню ( $H_2O_2$ ).

Очі варто промивати водою в напрямку від внутрішнього до зовнішнього краю ока.

Якщо радіоактивні речовини потрапляють на слизову оболонку носа, необхідно використовувати зрошення носа теплою водою, фізіологічним розчином або 2% розчином соди за допомогою м'якого катетера.

Зовнішній слуховий прохід слід також промити. Можна використовувати тампон, якщо барабанна перетинка не пошкоджена.

#### Деконтамінація рани.

При наявності радіоактивного ураження будь-яка рана вважається контамінованою. Таку рану обробляють в першу чергу (хірургічна обробка рани) перед проведенням загальної деконтамінації шкіри постраждалого. При контамінованій рані слід припускати наявність внутрішньої контамінації постраждалого.

Дії, необхідні для лікування постраждалого, визначають періодом напіврозпаду радіоактивних елементів, що потрапили в організм, їх уражаючим впливом і рівнем максимальної дози, яка є допустимою при контамінації такими речовинами.

Послідовність заходів деконтамінації рани, що контамінована:

- збереження одягу та збір аналізів;
- рану необхідно спочатку відмежувати від сусідніх ділянок тіла матеріалами, які є водонепроникними;
- рану промивають асептичними розчинами та 3% розчином перекису водню ( $H_2O_2$ ), які згодом збирають і перевіряють на ефективність деконтамінації і наявність забруднення. Як правило потрібні декілька таких промивань, після кожного з яких рідина з рани має бути видаленою, а всі матеріали, що використали при процедурі, утилізованими.
- лікування рани після деконтамінації здійснюють відповідно до медичних показань. Якщо потрібних результатів деконтамінації не досягнуто, слід стимулювати кровообіг у рані з метою спроби видалення радіоактивних елементів з кров'ю;
- якщо після цього рівень контамінації продовжує залишатися небезпечно високим, слід застосувати хірургічне очищення рани; видалені при цьому фрагменти тканин потрібно зберігати для радіологічного контролю;
- рану закривають водонепроникною пов'язкою перед очищенням інших зон ураження;
- зашивати рану необхідно лише після максимальної всебічної деконтамінації;
- сторонні тіла повинні бути видалені з рани за допомогою затискачів або іншого інструментарію. Колоті рани, що містять радіоактивні елементи (особливо на пальцях), вилучають за допомогою висічення.

Контаміновані (променеві) опіки лікують як звичайні опіки, оскільки радіоактивні частинки виходять з рани разом з продуктами запалення. Пов'язки і простирадла хворих з променевими опіками являють радіаційну небезпеку і тому повинні бути утилізовані.

При значному радіоактивному забрудненні тіла, видалення радіоактивних речовин починається з найбільш забруднених ділянок. Якщо після 3-4-кратної обробки радіоактивні речовини продовжують залишатися на шкірі, процедура відмивки повторюють з інтервалом 24 годин кілька разів. Для запобігання сухості шкіри після обробки миючими засобами використовують будь-який пом'якшувачий крем. Після обробки окремих забруднених частин тіла необхідно пройти повну обробку тіла в душі. При забрудненні великих площ тіла, процедура відмивки радіоактивних речовин повинна здійснюватися під душем.

В даний час для проведення деконтамінації використовується легка портативна деконтамінаційна система АТМ-10 разом із комплектом розчинів для спецобробки БКС-05, розчини можуть постачатися окремо.

**Легка портативна деконтамінаційна система АТМ-10** призначена для швидкого проведення спеціальної обробки особового складу, техніки, спорядження та споруд. Автономна робота АТМ-10 дозволяє покрити дезактиваційним розчином площу до 90 м<sup>2</sup>. Також деконтамінаційна система АТМ-10 сумісна з усіма типами розчинів, порошоків і рідин для дезактивації. Постачається із комплектом розчинів для спецобробки БКС-5:



- «Рубіж» - призначений для комплексної дегазації і дезінфекції об'єктів озброєння і військової техніки, зброї, обладнання фортифікаційних споруд, об'єктів капітального будівництва, місцевості, індивідуальних засобів захисту. Ефективність дезінфекції протягом 15-60 хвилин становить 100%. Ступінь дегазації отруйних речовин до 99,97%;



- «Вертикаль» - Призначений для підвищення ефективності проведення спеціальної обробки, в поєднанні із засобом «Рубіж». При добавці 1% засобу «Вертикаль» час контакту робочих розчинів з похилими, вертикальними і сферичними поверхнями збільшується більш ніж в 100 разів;



- «Щит» - Призначений для проведення дезактивації озброєння і військової техніки, устаткування, приміщень, обмундирування, спецодягу, спорядження, засобів індивідуального захисту. Ступінь дезактивації до 99,95%.

- «Роса» - Призначений для комплексної спеціальної обробки (дезінфекції, дегазації, дезактивації) відкритих ділянок шкіри особового складу, індивідуальних засобів захисту, зброї.;

- «Бастіон» - Призначений для проведення комплексної санітарної обробки особового складу військовослужбовців, очищення поверхні шкіри і волоссяного покриву людини від радіонуклідів, іонів важких металів, отрут, токсинів і бактеріальних агентів. Ступінь дезактивації шкіри людини після одноразової обробки становить 88,4%. Антибактеріальні властивості засобу «Бастіон» становлять 98,9%. Ефективність дегазації до 99,1%.

Комплект розчинів БКС-05 також можна використовувати з наявними технічними засобами для проведення спеціальної обробки, такими як АРС-14.

Авторозливна станція АРС-14 призначена для проведення дегазації, дезактивації, дезінфекції озброєння та військової техніки, дегазації і дезінфекції окремих ділянок місцевості та доріг рідкими розчинами, транспортування і тимчасового зберігання рідин, дезактивуючих речовин і розчинів, спорядження рідинами дрібних емностей, а також для перекачування рідин з однієї тари в іншу.

За умови масового надходження контамінованих постраждалих додатково розгортаються деконтамінаційні системи. Ці системи можуть бути мобільними (намети), або стаціонарними. Рішення щодо застосування типу деконтамінаційної системи визначається територіальною доступністю, вартістю, кількістю контамінованих постраждалих та потребами в мобільності цієї системи.



Рисунок 7.1- Приміщення лікувально-профілактичного закладу та намет для проведення деконтамінації

Лікувально-профілактичні заклади повинні бути готовими до надходження контамінованих постраждалих, мати розроблені плани заходів з проведення деконтамінації та утилізації відходів (рис 7.1).

На ранньому госпітальному етапі при масовому надходженні контамінованих постраждалих до лікувально-профілактичного закладу та додатковому розгортанні деконтамінаційних систем здійснюється наступне:

а) Перед деконтамінаційною системою розміщується розподільний пост, де працює лікар або фельдшер, який проводить розподіл постраждалих на дві групи: стабільні та нестабільні.

б) Стабільні постраждалі спрямовуються до місця проведення деконтамінації. Група розподіляється на два потоки - жінки та чоловіки, для яких забезпечується два окремих деконтамінаційних коридори. Деконтамінація проводиться в наступній послідовності: зняття забрудненого одягу, який складається в окремі пластикові пакети, що щільно зав'язуються та залишаються в цій зоні; душові - приймання душу з миючими засобами (мило, гель тощо) протягом 3 - 5 хвилин; одягання чистої білизни; спрямування постраждалих в зону спостереження, яка може бути в приміщенні лікувально-профілактичного закладу чи тимчасово обладнаних площадках. Деконтамінація може проводитись постраждалими самостійно або за мінімальної допомоги медичного персоналу.

З урахуванням, що постраждалим може бути необхідна психологічна допомога, а також можливе погіршення їх стану здоров'я - медичний персонал, який працює на місці проведення деконтамінації, повинен мати навички проведення медичного сортування та надання екстреної медичної допомоги.

в) Нестабільні постраждалі спрямовуються в окрему зону, де перед проведенням деконтамінації надаються, у разі необхідності екстрену медичну допомогу (відновлення прохідності дихальних шляхів, інтубація, проведення штучного дихання тощо). В



подальшому деконтамінація проводиться за схемою та з використанням захисного одягу персоналом, наведеними в абзаці б).

Після деконтамінації постраждалі госпіталізуються у відділення невідкладної (екстреної) медичної допомоги або інші відділення лікувально-профілактичного закладу для подальшого лікування.

При плануванні проведення деконтамінації постраждалих при масових випадках, незалежно від забруднюючого чинника, слід вирішити наступні питання:

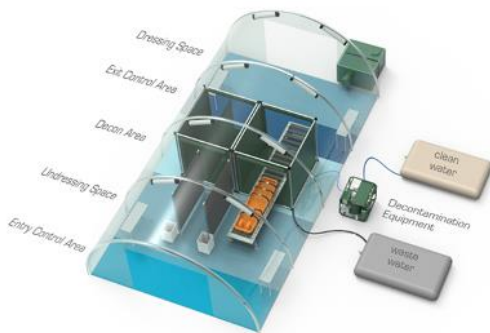
- пристосування системи деконтамінації до потреб постраждалих;
- питання утилізації стічної води та медичних відходів;
- розміщення деконтамінаційної системи.

У міжнародній практиці на ранньому госпітальному етапі для деконтамінації використовують стаціонарні та мобільні деконтамінаційні системи. У мобільній системі можна проводити деконтамінацію 25 - 75 постраждалих на годину. Системи можуть бути модульного або відкритого типу. При модульному типі проводять деконтамінацію кожного постраждалого окремо. Незручністю є те, що постражданий не може рухатись далі по модулю, доки не звільнився наступний модуль. Відкритий тип забезпечує максимальну пропускну спроможність.



Утилізація стічної води та медичних відходів.

Багато моделей мобільного типу оснащено дренажем та резервуаром для збирання стічної води. Моделі стаціонарного типу потребують встановлення піддонного резервуару для стічної води. Необхідно визначитись, як довго деконтамінаційна система може працювати на повну потужність, враховуючи заповнення резервуару. Стічні води після проведення масової деконтамінації можуть представляти загрозу вторинного забруднення.



Розміщення деконтамінаційних систем має враховувати послідовність проведення деконтамінації для унеможливлення контакту контамінованих і деконтамінованих постраждалих.

Процес дезактивації персоналу при виході з контамінованої зони.

Кожен, хто підлягає пройти дезактивацію підходить до зони деконтамінації та діє у послідовності, як наведено нижче:

- 1). Зняти зовнішні рукавички, з одночасним вивертання їх на зворотну сторону.
- 2). Повернути дозиметр відповідальному за радіаційний контроль.
- 3). Зняти весь спецодяг, вивертаючи його на зворотну сторону і уникаючи струшування, або розрізати спецодяг за допомогою спеціальних пристосувань. Дію позрізанню ЗІЗ повинна виконувати інша особа, залучена до проведення деконтамінації.
- 4). Зняти маску, протигаз.
- 5). Зняти бахіли для взуття по черзі з кожної ноги і заміряти рівень радіації взуття, що заміром констатується відсутність контамінації взуття - переступити за контрольну обмежувальну лінію.
- 6). Зняти внутрішні рукавички.
- 7). Пройти повний радіаційний контроль.
- 8). Прийняти душ.

При контамінації радіоактивними чинниками необхідно пам'ятати наступне:

- контамінована людина продовжує сама отримувати радіоактивне випромінювання та стає джерелом розповсюдження радіоактивного чинника;
- видалення контамінованого одягу і миття шкіри постраждалого може зменшити зовнішню контамінацію більше ніж на 90%;
- екстрену медичну допомогу надають постраждалим з клінічними проявами первинної реакції на гостре опромінення, оскільки розвиток гострої променевої хвороби відтермінований у часі;
- важливим моментом у лікуванні комбінованих радіаційних уражень є першочергове лікування звичайних серйозних супутніх пошкоджень (опіки та травми) до початку розвитку гострої променевої хвороби;
- стандартні запобіжні заходи (маска, бахіли, рукавички, халат та захист очей) здатні захистити персонал від вторинного забруднення при роботі з контамінованими постражданими.

Розглянемо приклади машин, призначених для дезактивації військової техніки.

На рисунку 7.2 зображена авторозливна станція АРС-14КМ. АРС-14КМ призначена для:

- дезактивації, дегазації та дезінфекції (ДДД) озброєння та військової техніки, а також транспортних засобів;
- дегазації та дезінфекції місцевості;
- подавлення пилу на місцевості;
- забору транспортування та тимчасового зберігання рідин, ДДД речовин і рецептур;
- перекачування рідин з однієї ємності в іншу;
- забезпечення рідинами комплексів санітарної обробки;
- приготування ДДД розчинів;
- підігрівання та тимчасове зберігання води й водних ДДД розчинів;
- створення маскуючих аерозольних завіс;
- санітарної обробки особового складу.

АРС-14КМ може також використовуватися для гасіння пожеж.



Рис 7.2. Авторозливна станція АРС-14КМ



Рис.7.3. Теплова машина спеціальної обробки військової техніки (ТМС-65)

На рисунку 7.3 показано теплову машину спеціальної обробки військової техніки (ТМС-65), яка призначена для дезактивації, дегазації та дезінфекції зовнішніх поверхонь техніки, газом і газокраплинним потоками. Вона може бути використана також для дегазації та дезактивації ділянок місцевості й доріг з твердим покриттям. Спеціальне обладнання машин змонтоване на автомобільному шасі високої прохідності.



УРАЛ-375Е й складається з турбореактивного двигуна ВК-1А, поворотного пристрою, кабіни оператора, паливної, водяної, гідравлічної систем, електрообладнання, фільтровентиляційної установки, переговорного пристрою, системи опалення, протипожежного обладнання. До комплекту машини входять спеціально обладнаний причеп-цистерна НЦ-4, запасні частини, інструмент і приладдя (ЗІП). Робочим органом машини є турбореактивний двигун, він є генератором високошвидкісного й високотемпературного струменю газу.

Автомобільний комплект спеціальної обробки військової техніки (ДК-4) (рис.7.4) призначений для дезактивації та дегазації автомобілів і бронетранспортерів. До комплекту ДК-4 входить газорідинний прилад, ІДПС, чотири ІПП-8, дезактивуючий порошок СФ-2 (СФ-2У).

Газорідинний прилад призначений для дезактивації та дегазації автомобілів газорідинним методом і для дезактивації сухих, незамастилених поверхонь методом пиловідсмоктування. Він складається з ежектора, газорідинного й рідинного рукавів, брандспойту з подовжувачем і щіткою, пиловідводної труби й газовідбірного пристрою.

Дія газорідинного приладу заснована на використанні тепла й кінетичної енергії відпрацьованих газів двигунів автомобілів чи бронетранспортерів.



Рис.7.4 Автомобільний комплект спеціальної обробки військової техніки (ДК-4)

Відпрацьовані гази надходять в ежектор під тиском 0,8-1,0 кгс/см<sup>2</sup>, отримують у соплі (насадці) ежектора необхідну швидкість і створюють розрідження, що забезпечує при газорідинному методі подання розчину з ємності в брандспойт, а при методі пиловідсмоктування – відсмоктування пилу з оброблюваної поверхні.

Модернізована автофільтрувальна станція МАФС-3 (рис.7.5) призначена для дезактивації, дегазації та дезінфекції води. Спеціальне обладнання станції розміщене на автомобілі ЗІЛ-131 й одноосному причепі. Незйомне обладнання її складається з фільтра, двох дехлораторів і трубопроводів. До системного обладнання належать дві мотопомпи МП-600 (МП-800), чотири резервуари відстійники РЕ-6000, два резервуари-збірники води (РЕ-6000), лабораторний набір для визначення доз хлорного вапна й коагуляторів.



Рис.7.5. Модернізована автофільтрувальна станція МАФС-3

Дезінфекційно-душові автомобілі ДДА-2, ДДА-3, і дезінфекційно-душовий причеп (рис.7.6). ДДП-2 призначені для миття людей, дезінфекції та дезінсекції обмундирування, спорядження та взуття в польових умовах.

ДДА змонтовані на шасі автомобілів, ДДП – на причепі.

Основним складовим обладнанням є паровий котел, 2 дезінфекційні камери, у ДДП – одна, душові пристрої (ДДА-2, ДДА-3 – по 3 шт; ДДА-66, ДДП-2 – 2 шт.).



Рис.7.6 Дезінфекційно-душові автомобілі

Пропускна спроможність установок за годину: санітарна обробка – 144 чол. влітку, 96 – взимку (ДДА-2, ДДА-3); сидячих і носилкових місць відповідно 48+8 – влітку, 36+6 – взимку (ДДА-66, ДДП-2).

Комплект «СО» (санітарна обробка) призначений для проведення повної санітарної обробки 500 поранених і хворих, які заражені ОР, РР, БР. «СО» є на оснащенні польових медичних частин і госпіталів. Містить дезінфекційні засоби, лікарсько-медичні й санітарно-господарчі речі, які розташовують у пакувальних ящиках.



Рис.7.7 Комплект санітарної обробки особового складу (КСО)

Для підігріву води використовується тепла енергія вихлопних газів. Дія комплексу заснована на використанні тепла й кінетичної енергії вихлопних газів автомобілів. Пропускна здатність комплексу – 10-12 чол./год.

Мобільний комплекс спеціального призначення (рис.7.8) призначений для дезактивації та санітарної обробки транспорту, озброєння, обладнання та людей з можливістю розгортання в місці виникнення надзвичайної ситуації, пов'язаної з РХБЯ подіями. Забезпечує максимальну дезактивуючу здатність розчину на зараженій поверхні 80/100 м<sup>2</sup> (20 літрів води й 2 кг порошку ВХ24).



Рис7.8. Мобільний комплекс спеціального призначення

До складу автомобіля входить:

- обладнання SANIJET C. 921; SANIJETGUN – спеціальний пістолет;
- TUNNEL SHOWER – тунельний душ з автоматичним міксером для змішування води з дезактивуєчим засобом, призначений для санітарної обробки персоналу;
- PSDS 10-MIL\_STD – ручне обладнання для санітарної обробки персоналу, транспортних засобів, обладнання;
- ємність на 10 л.;
- бак з водою на 500 літрів;
- обладнання, що призначене для дезактивації, транспортування та збору брудної води.

## 8. ЙОДНА ПРОФІЛАКТИКА (БЛОКУВАННЯ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ) ПРИ РАДІАЦІЙНОМУ ЗАРАЖЕННІ

Під час ядерної аварії радіоактивний йод, який є одним із основних продуктів поділу ядер урану та плутонію, може виділятися у формі шлейфу або хмари, забруднюючи довкілля, що призводить до зовнішнього опромінення. Йод є життєво необхідним елементом і всі живі організми виробили здатність концентрувати його в своєму тілі, тому вдихання забрудненого повітря, а також споживання забруднених продуктів харчування та питної води можуть призвести до внутрішнього радіаційного опромінення, головним чином, щитовидної залози. Щитовидна залоза використовує йод для вироблення гормонів щитовидної залози, не розрізняючи радіоактивний чи стабільний йод. За умови потрапляння радіоактивного йоду всередину організму при вдиханні чи ковтанні, щитовидна залоза поглинає його аналогічно стабільному йоду. Якщо стабільний йод вводиться до або на початку надходження радіоактивного йоду, поглинання останнього буде блокуватися насиченням щитовидної залози стабільним йодом, що ефективно знижує внутрішнє опромінення щитовидної залози. Загалом застосування стабільного йоду або ж йодна профілактика (разом із контролем продуктів харчування та питної води) є відповідною стратегією зниження ризику несприятливих наслідків для здоров'я людей, які зазнали випадкового впливу радіоактивного йоду, та включено до планів протиаварійної готовності багатьох країн.

У відповідності до визначення ВООЗ:

**Йодна профілактика (блокування щитовидної залози) при радіаційному зараженні** – термінова захисна міра, пов'язана із введенням стабільного йоду у випадку радіаційно аварійної ситуації або ядерної аварії при наступних умовах: якщо мова йде про дії радіоактивного йоду, до або якнайшвидше після вивільнення радіоактивного йоду і тільки протягом короткого періоду часу до або після поглинання радіоактивного йоду щитовидної залозою.

Українське законодавство надає наступні визначення:

**Йодна профілактика (йодне блокування щитоподібної залози)** – невідкладний захисний захід запобігання або зменшення поглинання радіоактивного ізотопу йоду (РІЙ) щитоподібною залозою, за допомогою препаратів стабільного йоду, що спрямований, насамперед, на захист щитоподібної залози від накопичення РІЙ (131-135I), що надходять на початковому етапі радіаційної аварії інгаляційним шляхом. Йодна профілактика належить до термінових (невідкладних) заходів, спрямованих на запобігання негативного впливу ранньої фази радіаційної аварії. (Наказ МОЗ №408 від 09.03.2021)

**Йодна профілактика** - блокування щитоподібної залози людини або йодна блокада, що полягає у терміновому (невідкладному) введенні в організм людини препарату йодиду калію з метою запобігання або зменшення поглинання радіоактивних ізотопів йоду щитоподібною залозою у разі виникнення радіаційної аварії. (Наказ ДІЯРУ №154 від 08.11.2011).

Рівні накопичення РІЙ в щитоподібній залозі залежать від віку людини та функціонального стану щитоподібної залози. При нормальній функції щитоподібної залози дорослої людини в ній накопичується близько 30% від загальної кількості РІЙ, що надійшли до організму людини. У дітей, у зв'язку з більш високою функціональною активністю та меншими розмірами щитоподібної залози, ніж у дорослої людини, накопичення РІЙ в щитоподібній залозі відбувається в більших кількостях, швидше, що сприяє формуванню вищої поглиненої дози опромінення. Так, у дітей віком до одного року максимальні поглинені дози на одиницю активності  $^{131}\text{I}$  формуються приблизно в 10 разів вище, ніж у дорослої людини. Зі збільшенням віку дитини рівні накопичення радіоактивного йоду в щитоподібній залозі знижуються й до 14 років відповідають рівням накопичення його в дорослої людини.



У вагітних жінок, у зв'язку з підвищеною функцією щитоподібної залози, рівні накопичення й формування поглинених доз у ній приблизно в 1,5 рази більше, ніж у інших дорослих осіб. У жінок, які годують груддю, у грудне молоко протягом доби потрапляє до 30% РІЙ від загальної кількості, що надійшла в організм.

Ризик побічних ефектів у результаті прийому йодиду калію з віком збільшується, а рівень ризику, індукованого радіацією раку щитоподібної залози, у осіб старше 40 років є низьким. Дорослим старше 40 років прийом йодиду калію для блокади щитовидної залози, зазвичай, не рекомендують.

При порушеній функції щитоподібної залози рівні накопичення РІЙ значно змінюються: при гіперфункції накопичення збільшується до 50%, при гіпофункції знижується до 15-25%. В умовах йодного дефіциту рівні накопичення РІЙ в щитоподібній залозі зростають.

Ступінь ураження щитоподібної залози залежить від поглиненої дози, віку людини й функціонального стану щитоподібної залози. Значні дози опромінення можуть викликати гостре ураження щитоподібної залози (особливо у дітей), які можуть проявитися порушенням функції та структури щитоподібної залози (гострий гіпотиреоз, гострий тиреоїдит, гострий тиреотоксикоз).

Найнижчі межі виправданості та рівні безумовної виправданості невідкладного контрзаходу при гострому опроміненні щитоподібної залози визначаються відповідно до постанови Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1997 року № 62 «Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» та статті 8 ЗУ «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» і становлять:

Таблиця 8.1 – Найнижчі межі виправданості та рівні безумовної виправданості для невідкладних контрзаходів

Контрзахід	Відвернута доза за перші 2 тижні після аварії	
	Межі виправданості, мГр	Рівні безумовної виправданості, мГр
Йодна профілактика		
Діти	50	200
Дорослі	200	500

**Примітка.** Очікувана доза при внутрішньому опроміненні радіоізотопами йоду, що надходять до організму протягом перших двох тижнів після початку аварії.

**НРБУ та ОСПУ при ядерних аваріях на ранній фазі визначають період аварії йодний** - період ранньої фази аварії - при наявності значних викидів радіоізоотопів йоду, на протязі якого існує серйозна загроза надходження в організм людини цих радіонуклідів інгаляційним шляхом та з продуктами харчування і, як наслідок, опромінення щитовидної залози осіб з населення, особливо дітей.

Ризик радіаційного ураження щитоподібної залози може бути знижений або навіть відвернутий при своєчасному призначенні йодної профілактики як такої або в комплексі з іншими заходами радіаційного захисту: обмеження перебування на відкритому повітрі, укриття, евакуація, радіаційний контроль харчових продуктів, у тому числі води питної, тощо.

Метод фармакологічного захисту полягає в гальмуванні або тимчасовому припиненні функції утворення гормонів щитоподібної залози (тиреоїдних гормонів), що визначають активність перебігу метаболічних процесів в організмі людини. У хімічну структуру цих гормонів входить йод. Після прийому препарату стабільного йоду здійснюється блокада щитоподібної залози, що перешкоджає накопиченню в ній РІЙ та подальшій участі їх в синтезі тиреоїдних гормонів.



Для захисту щитоподібної залози від накопичення РІЙ застосовуються препарати стабільного йоду – КІ(йодид калія), КІО<sub>3</sub>(йодат калія).



Оптимальний ефект ЙП досягається при завчасному (превентивному) прийомі препарату за 6 і менше годин до надходження РІЙ. Прийом препарату одночасно з надходженням «хмари» залишається ефективним та через 6 годин після інгаляційного надходження приводить до 2-х кратного зниження дози, а через 24 години до практичної відсутності захисного ефекту.

Ефективність йодної профілактики значно знижується, якщо прийом КІ затримано навіть на декілька годин після початку надходження РІЙ в організм. Різниця в 2,5–4,0 рази між рівнями невідкладного втручання для цього заходу стосовно дитячої та дорослої частин населення пов'язана з тим, що, по-перше, дози на одиницю надходження у дітей в декілька разів вищі, ніж у дорослих, а, по-друге, ризик радіаційно обумовлених раків щитоподібної залози у дітей на одиницю дози приблизно у два рази вищий, ніж у дорослих.

Таблиця 8.2 – Захисний ефект у результаті проведення йодної профілактики

Термін прийому стабільного йоду	Зниження потенційної дози опромінення щитовидної залози (фактор захисту)
За 6 год до вдихання РІЙ	100
Через 2 години після разового надходження	10
Через 6 години після разового надходження	2

В цілому застосування КІ (разом з контролем харчових продуктів і питної води) є відповідною стратегією зниження радіаційного ризику несприятливих наслідків для здоров'я людей, які зазнали впливу від викиду РІЙ внаслідок радіаційної аварії.

Однократне дозування для дорослої людини КІ становить 125 мг (100 мг йоду). У разі виникнення радіаційної аварії на об'єктах, призначених для поводження з радіоактивними та ядерними матеріалами, та загрози забруднення довкілля РІЙ персонал повинен прийняти негайно 125 мг КІ.

Населення, яке проживає на території де є загроза забруднення РІЙ, приймає профілактичну дозу препарату КІ тільки після офіційного оповіщення про загрозу викиду та необхідність проведення ЙП.

Оповіщення та інформування населення про початок проведення йодної профілактики проводиться місцевими органами виконавчої влади негайно після прийняття рішення щодо рівня дій.

Рівні дій для застосування йодної профілактики визначаються місцевими органами виконавчої влади на основі прогнозу радіаційної обстановки та встановлюються як конкретне значення потужності дози або іншого параметра радіаційної обстановки, що оперативне та надійно вимірюється.

Рішення про припинення йодної профілактики приймається у випадку досягнення найнижчої межі виправданості йодної профілактики.

Відповідальними за прийняття рішення щодо застосування та припинення йодної профілактики є керівники територіальних підсистем єдиної системи цивільного захисту.

Заходи із забезпечення готовності щодо рівня дій повинні передбачати наявність планів забезпечення населення таблетками йодиду калію. Для цього препарат може бути переданий місцевими органами виконавчої влади у розпорядження шкіл, лікарень, аптек, пожежних частин, відділень органів правопорядку, а також центрів евакуації та цивільного захисту. Рішення про створення резервів та способів і механізмів розподілу препаратів стабільного йоду приймають органи місцевої влади.



У разі необхідності органи охорони здоров'я повинні визначити географічний район та перелік населених пунктів населення яких має приймати препарати стабільного йоду, та встановити час та порядок прийому препарату.

Під час оповіщення та інформування населенню роз'яснюється, як поводитись у випадку радіаційної аварії, де отримати, коли і як приймати препарати йодиду калію. Інформування населення здійснюється всіма доступними засобами масової інформації. При інформуванні населення попереджається про необхідність уникнення випадків передозувань препаратами йодиду калію.

Таблиця 8.3– Рекомендована разова доза стабільного йоду залежно від вікової групи

Вікова група	Вага йоду, мг	Вага KI, мг	Вага KIО <sub>3</sub> , мг	Фракція таблетки, що містить 100 мг йоду
Немовлята – від народження до 1 місяця	12,5	16	21	1/8
Діти від 1 місяця до 3 років	25	32	42	1/4
Діти від 3 до 12 років	50	65 <i>62,5</i>	85	1/2
Дорослі і підлітки старше 12 років, а також вагітні	100	130 <i>125</i>	170	1

**Примітки:**

- KI приймається після їжі.
- Курсивом вказані норми відповідно до українського законодавства.

В разі відсутності пігулок йодистого калію можна застосовувати водно-спиртовий розчин йоду (кілька крапель звичайного йоду 5% на склянку води або кисілю).

1. Дорослим та дітям від 5 років –20 крапель водно-спиртового розчину йоду за 1 прийом.
2. Дітям від 2 до 5 років –10 крапель водно-спиртового розчину йоду за прийом.
3. Дітям до 2 років та дітям на штучному вигодовуванні –5 крапель водно-спиртового розчину йоду за прийом.
4. Новонароджені, що перебувають на грудному вигодовуванні, отримують необхідну дозу препарату з молоком матері, яка отримала 0,125 г стабільного йоду.

Йодна профілактика для дітей молодше 5 років може бути здійснена шляхом нанесення тампоном на шкіру передпліччя або гомілки спиртового розчину йоду у вигляді смуг або сітки в таких дозах: дітям від 2 до 5 років 20 крапель, дітям молодше 2 років – 10 крапель кожної один раз в день.

Достатньо одноразового прийому препаратів КІ. Однак, за умови довготривалого чи повторного негативного впливу, неunikненого споживання забруднених харчових продуктів і води питної, можливий повторний прийом препаратів стабільного йоду здійснюється лише після офіційних оповіщень.

Обґрунтовано приймати КІ для блокування щитоподібної залози протягом восьми годин після початку впливу РІЙ. Початок ЙП пізніше ніж через 14 годин після впливу РІЙ може завдавати більше шкоди, ніж очікувана користь.

Одноразове застосування КІ забезпечує захист щитоподібній залози приблизно на 24 години. Як правило, евакуація населення (при наявності показань) є більш ефективним заходом щодо радіаційного захисту, ніж повторний прийом препарату КІ. Якщо евакуація, з якихось причин, затримується або неможлива, то багаторазове (повторне) застосування КІ слід проводити не раніше 24 годин після першого прийому препарату й тільки в умовах або при можливості пролонгованого надходження радіоактивності в зовнішнє середовище.

Ризик серйозних побічних ефектів у дітей від одноразового прийому КІ у дозуванні зазначеному в таблиці 3, оцінюється величиною 1 випадок на 10 млн. дітей (досвід проведення ЙП в Польщі після аварії на ЧАЕС).

Міжнародний досвід свідчить, що ризик побічних ефектів від застосування більших доз КІ неспівставно менший, ніж ризик раку щитоподібної залози дітей від впливу РІЙ.

## 9. ПСИХОСОЦІАЛЬНІ НАСЛІДКИ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ ТА УСУНЕННЯ.

Кожна особистість впродовж життя періодично стикається з кризовими ситуаціями та переживає кризові стани. Від того, як вона впоралася і адаптувалася до таких ситуацій, залежить, чи стане для неї така подія травмою, чи, навпаки, ресурсом для власного розвитку. Описи впливу травматичних подій і екстремальних ситуацій на людину та певні особливості й закономірності їх переживання, пошук шляхів виходу з кризових травматичних ситуацій можна простежити як у філософському, так і конкретно-науковому, зокрема психологічному контексті.

На сьогодні відбувається дуже багато подій, які несуть загрозу людському існуванню, порушують наше нормальне життя і стають для нас травматичними. Вимоги, які нам диктує суспільство під девізом «живи вічно і насолоджуйся»; потрясіння і травматичні переживання, які раптово вриваються в наше життя ззовні під виглядом воєн і катастроф, актуалізують цікавість до одного з основних понять психоаналітичної терапії – теорії травми.

Кризова ситуація виводить людину на рівень рефлексивного ставлення до свого життя.

Отже, в процесі кризової комунікації люди постійно зіштовхуються з психологічними бар'єрами, такі як:

1. *Стресовий стан* у першу чергу визначає поведінкові реакції людей під час кризової ситуації.

У повсякденному житті людина все частіше зустрічається зі стресовими ситуаціями. Сучасні дослідники розглядають стрес як психофізичне напруження, яке виникає внаслідок складної життєвої або екстремальної ситуації та супроводжується мобілізацією захисних систем організму і психіки.

У кризовій ситуації люди відчувають інформаційний та емоційний стрес. Оптимізація психічних станів і поведінки людини в подібних ситуаціях повинна передбачати відповідну підготовку. У протилежному випадку сподіватися на те, що люди, які перебувають у стресовому стані, будуть діяти раціонально й швидко, не доведеться.

2. *Відчуття облоги*. Дуже часто людина відчуває себе в кризовій ситуації, ніби в облозі, створюється враження, що всі налаштовані проти неї. Задача в даній ситуації - закликати до активних дій, показати, що людина може вплинути на ситуацію.

3. *Паніка*. У кризовій ситуації, особливо в умовах невизначеності, люди починають панікувати і через це дуже часто погіршують і без того нелегке становище. В панічному стані суттєво знижується критичність і раціональність мислення. Тобто думаючи, що ми все контролюємо, насправді ми нічого не контролюємо. І у ситуації, коли треба буде швидко і обдуманно приймати рішення, ми їх прийняти адекватно не зможемо. Стан паніки суттєво звужує сприйняття реальності. Ми думаємо в межах 1-3 варіантів рішення. Так організм природно економить енергію в стресовій ситуації. Однак інколи правильне рішення може бути іншим, для цього необхідно тільки заспокоїтися і поглянути на ситуацію ширше.

4. *Феномен спотвореного сприйняття*. Це упереджене ставлення людей у кризовій ситуації до самих себе, тенденцію до самовиправдання. Одним із симптомів групового мислення в даній ситуації є те, що своя група сприймається її членами як моральна й сильна, а зовнішнє середовище як зловмисне й агресивне (феномен дзеркального сприйняття).

Людині властиво сприймати події через порівняння з подібними до них - цю особливість людської психіки треба мати на увазі. Вдало проведена паралель у період кризи змусить людей повірити, що не все так небезпечно. Аналогічного ефекту можна досягти, інформуючи про наявні на даний момент критерії припустимості певних відхилень у тій або іншій сфері.

До особливостей психологічного сприйняття інформації в кризових ситуаціях відноситься й те, що люди звикли сприймати негативні події особистісно, у той час як інформація в багатьох випадках орієнтується на цільову групу.

Особистість, яка знаходиться в стані кризи, розглядається як неврівноважена система. Науковці вважають за можливе назвати кілька типових ознак (а іноді наслідків) кризи. Зокрема, загальновідомим проявом є порушення картини сну: наприклад, деякі люди відносно швидко засинають, але прокидаються вночі або зовні звичайний нічний сон може не давати освіжаючого ефекту. Можуть порушуватися також апетит і травлення, загострюватися хронічні захворювання. Люди, котрі не відвідували лікарів до моменту кризи, активно починають лікуватися, знаходити у себе різні захворювання.

Інші ознаки кризи – фізична та психічна утомленість без особливих на це причин, апатія, млявість відчуттів, м'язова напруга та хворобливі відчуття, викликані нею, часті мігрені, болі в спині, шиї і плечах. Розлади функцій уваги і пам'яті.

Найтиповішими емоційними реакціями в стані кризи є тривога, гнів, сором, вина, депресія. Найхарактернішими поведінковими реакціями можуть бути нав'язливі думки та активізація примітивних захисних механізмів особистості, в першу чергу таких як проєкція, витіснення, заперечення, ізоляція. Високий рівень тривожності заповнює свідомість людини, примушуючи вірити страхітливим думкам, які при звичайних ситуаціях просто не сприймаються. Подібний процес відбувається, коли людина пригнічена або розгнівана. У зв'язку із цим, іноді саме реакція на вихідну подію викликає більшу шкоду, ніж подія сама по собі.

### **Форми подолання кризових ситуацій.**

Потрапляючи в кризову ситуацію або сприймаючи її як таку, людина починає взаємодіяти з нею. Так, «людина, звичайно, є і об'єктом дії на нього середовища; але вона також і суб'єкт, який сам впливає на середовище, змінює його, регулюючи ті умови, які зумовлюють його діяльність. Змінюючи середовище, людина при цьому змінюється сама». У міру розвитку ситуації частина внутрішнього руху (енергії) прямуватиме «зовні» - на подолання ситуації. Таким чином, людина стає дієвим суб'єктом взаємодії.

У зарубіжній психології для позначення зусиль, які докладає особистість у ситуації психологічної загрози, використовують термін «coping behaviour», який перекладається як «впорання з труднощами, психологічне подолання або адаптивна поведінка».

Призначення психологічного подолання полягає в тому, щоб якомога краще адаптувати людину до вимог ситуації, надати змогу опанувати ситуацію, послабити або пом'якшити її вимоги, спробувати уникнути або звикнути до них та у такий спосіб згасити стресовий вплив ситуації. Головне завдання долаючої поведінки – це забезпечення та підтримання фізичного та психологічного здоров'я людини, а також її задоволеності соціальними відносинами.

Психологічне подолання вважають змінною, яка залежить принаймні від двох факторів: особистості суб'єкта та реальної ситуації. Деякі автори визначають як третій фактор ще й очікувану соціальну підтримку. Критеріями ефективності подолання є, по-перше, об'єктивне вирішення проблемної ситуації, а, по-друге, відновлення психічного стану людини.

### **Особливості комунікації з людьми, які стали учасниками кризової ситуації**

Важливо знати як і вміти спілкуватися з людиною, яка знаходиться в стані дистресу. Люди, які пережили кризову подію, можуть перебувати в пригніченому стані, відчувати тривогу або сум'яття. Деякі звинувачують себе у тому, що сталося. Зберігаючи спокій і проявляючи розуміння, треба допомагати людині пережити стресс, відчути себе в безпеці, відчути, що її захищають, розуміють, поважають і



підключаються про неї належним чином. Люди, що пережили стресову ситуацію, можливо, захочуть розповісти, що з ними сталося.

Вислухати чийсь розповідь – це вже велика підтримка. Однак важливо не примушувати людей розповідати про пережите. Деякі люди не хочуть говорити про те, що сталося, або про свої особисті обставини. При цьому для них може бути важливо, щоб хтось просто був поруч, нехай і мовчки. Треба сказати їм, що підтримка буде поблизу, якщо вони захочуть поговорити, або запропонувати їм практичну допомогу, наприклад, їжу або склянку води. Не можна казати занадто багато, треба надати людині побути в тиші. Можливість трохи помовчати дасть людині перепочинок і може підштовхнути її поділитися з кимось своїми переживаннями, якщо вона того забажає.

Важливо вміти слухати людей, щоб зрозуміти становище, в яке вони потрапили, їхні потреби, щоб допомогти їм заспокоїтися і надати необхідну допомогу. Коли розмовляєте з людиною, важливо слухати: очима, демонструючи пильну увагу; вухами, щоб дійсно почути, що саме турбує людину; серцем, із співчуттям і повагою.

Звертаючись до людей, які, можливо, потребують підтримки, необхідно:

- Звертатися з повагою і відповідно до їх культури.
- Представитися: скажіть своє ім'я та організацію.
- Запитати, чи потребують вони допомоги, якої саме.
- По можливості, знайти безпечне і тихе місце для розмови.
- Створити елементарні комфортні умови (наприклад, дати води).
- Намагатися забезпечити безпеку потерпілого: вивести людину з місця, де їй загрожує безпосередня небезпека, якщо це можна зробити без ризику; спробувати захистити людину від зайвої уваги, захищаючи її право на приватне життя і гідність; якщо людина пригнічена, спробувати не залишати її наодинці.
- Вислухати людину і спробувати їх заспокоїти.
- Бути поруч.
- Не змушувати людину розповідати про пережите.
- Уважно вислухати, якщо людина все ж захоче поговорити про те, що сталося.
- Якщо людина пережила сильний стрес спробувати її заспокоїти і переконатися, що вона не буде перебувати на самоті.
- Підтримувати зоровий контакт з людиною під час розмови.

Три основних оперативних правила надання першої психологічної допомоги – дивитися, слухати і направляти. Ці правила допомагають оцінити кризову ситуацію, забезпечити власну безпеку на місці події, знайти підхід до переміщеного населення, зрозуміти його потреби і спрямувати туди, де можна отримати практичну допомогу та інформацію.

*Дивитися:* необхідно перевіряти умови безпеки, з'ясувати, чи є навколо люди, які дійсно потребують задоволення основних життєвих потреб; перевірити, чи є навколо люди в стані важкого дистресу.

*Слухати:* необхідно звертатися до людей, які можуть потребувати підтримки; з'ясувати, у чому саме вони мають потребу і що їх турбує; вислухати їх і намагатися заспокоїти.

*Направляти:* люди, що пережили травмуючу подію, нерідко відчувають себе незахищеними, відрізаними від світу або безпорадними. Їх повсякденне життя руйнується, вони більше не отримують звичної підтримки або раптово опиняються в стресових умовах. Направити людей туди, де їм нададуть практичну допомогу.

## 10. НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА В ГАЛУЗІ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ В УКРАЇНІ

Оскільки, як показано в цьому навчальному посібнику, опромінення людини може бути дуже небезпечним як для неї самої, так і для її нащадків, мають існувати суворі вимоги щодо поводження з радіоактивними матеріалами.

Сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструкторських, технічних й організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки, називається *радіаційним захистом*.

Примітка: *радіаційна безпека* – дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами й стандартами безпеки.



Після відкриття шкідливої дії іонізуючого випромінювання на живі організми світове співтовариство здійснило величезну роботу щодо вироблення принципів безпечної роботи з іонізуючим випромінюванням. Протягом десятиліть розробляються норми й складні процедури з безпеки, в яких на основі детальних спостережень і досліджень визначаються прийнятні рівні опромінення для населення та для персоналу, який отримує професійне опромінення. Завдяки роботі міжнародних організацій (Міжнародної комісії з радіологічного захисту – МКРЗ, Наукового комітету ООН по дії атомної радіації – НКДАР ООН) такі норми безпеки погоджуються між різними країнами для того, щоб норми й ліміти доз іонізуючого випромінювання були однаковими в усьому світі. З 30-х років минулого століття МКРЗ рекомендувала, щоб будь-яке опромінення, яке перевищує межі звичайного фону, знаходилося на розумно досяжному низькому рівні.



МКРЗ установлені три взаємозалежних принципи регламентації дозових навантажень.



Примітка: *принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable)* – підтримка доз опромінення на таких низьких рівнях, які тільки розумно досягти з врахуванням економічних і соціальних факторів.

На основі міжнародних документів кожна країна розробляє свою нормативну документацію.

Так, в Україні були введені в дію наступні нормативні акти:

1995 р. – Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист»,

1997 р. – Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) (до цього в СРСР і потім в Україні застосовувалися НРБ-76/87),

1998 р. – Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання»,

2000 р. – доповнення НРБУ-97Д-2000 «Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення».

2005 р. – Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ) (наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.02.2005 №54, зареєстровано в Мінюсті 20.05.2005 за № 552/10832).

Розглянемо деякі основні положення цих актів.

**Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку»** до основних завдань ядерного законодавства відносить визначення основних принципів радіаційного захисту людей та навколишнього природного середовища.

**Стаття 4** Закону наголошує, що радіаційний захист під час використання ядерної енергії базується на наступних основних принципах:

✓ не може бути дозволена жодна діяльність, пов'язана з іонізуючим випромінюванням, не може бути дозволена, якщо кінцева вигода від такої діяльності не перевищує заподіяну нею (діяльністю) шкоду;

✓ величина індивідуальних доз, кількість осіб, які опромінюються, і ймовірність опромінення від будь-якого з видів іонізуючого випромінювання повинні бути найнижчими з тих, що їм можна практично досягти, враховуючи економічні й соціальні фактори;

✓ опромінення окремих осіб від усіх джерел і видів діяльності в підсумку не повинні перевищувати встановлених дозових меж.

### **Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання»**

**ЗАКОН СПРЯМОВАНИЙ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ЖИТТЯ, ЗДОРОВ'Я  
ТА МАЙНА ЛЮДЕЙ ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО  
ВИПРОМІНЮВАННЯ, СПРИЧИНЕНОГО ПРАКТИЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ, А  
ТАКОЖ У ВИПАДКАХ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ, ШЛЯХОМ ВИКОНАННЯ  
ЗАПОВІЖНИХ І РЯТУВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ, ВІДШКОДУВАННЯ ШКОДИ.**

Закон наголошує, що кожна людина, яка проживає чи тимчасово перебуває на території України має право на захист від впливу іонізуючого випромінювання. Це право забезпечується здійсненням комплексу заходів щодо запобігання впливу іонізуючого випромінювання на організм людини вище встановлених дозових меж опромінення та відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок впливу іонізуючого випромінювання.

Закон встановлює основні дозові межі опромінення та рівні втручання.

**Стаття 5** встановлює дозові межі опромінення персоналу. Основна дозова межа індивідуального опромінення населення не повинна перевищувати 1 мілізіверта ефективної дози опромінення за рік, при цьому середньорічні ефективні дози опромінення людини, віднесеної до критичної групи, не повинні перевищувати встановлених цією статтею основних дозових меж опромінення незалежно від умов і шляхів формування цих доз.

Дозові межі індивідуального опромінення населення та критерії щільності забруднення ґрунтів на території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, визначаються законами України й іншими нормативно-правовими актами.

Стаття 6 встановлює дозові межі опромінення персоналу. Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, введених в експлуатацію після набрання чинності цим Законом, не повинна перевищувати 20 мілізівертів ефективної дози опромінення на рік, при цьому допускається її збільшення до 50 мілізівертів за умови, що середньорічна доза опромінення протягом п'яти років підряд не перевищує 20 мілізівертів.

Основна дозова межа індивідуального опромінення персоналу об'єктів, на яких здійснюється практична діяльність, введених в експлуатацію до набрання чинності цим Законом, не повинна перевищувати 50 мілізівертів ефективної дози опромінення за будь-які 12 місяців роботи підряд, з поступовим зменшенням дозової межі опромінення до 20 мілізівертів за рік протягом перехідного періоду.

Тривалість перехідного періоду визначається органом державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки для конкретних умов практичної діяльності.

Для стажерів і здобувачів освіти віком від 18 років, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза професійного опромінення не повинна перевищувати 20 мілізівертів на рік.

Для стажерів і здобувачів освіти віком від 16 до 18 років, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза професійного опромінення не повинна перевищувати 2 мілізіверти на рік, за умови, що річна ефективна доза опромінення для даної категорії не повинна перевищувати 6 мілізівертів на рік.

Для вагітних жінок, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, ефективна доза опромінення не повинна перевищувати 1 мілізіверт на рік.

Жінки, які мають дитину грудного чи раннього віку й годують дитину грудним молоком, не можуть бути залучені до робіт з джерелами іонізуючого випромінювання та мають бути переведені на інші види робіт на весь період грудного вигодовування.

Медичні й інші працівники, здобувачі освіти, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання, мають бути поінформовані працедавцем про ризики для здоров'я, з якими пов'язана їхня робота, про загальні процедури радіаційного захисту й запобіжні заходи, яких необхідно вжити під час перебування на робочому місці з метою запобігання ризикам для здоров'я, зумовленим іонізуючим випромінюванням, а також про алгоритм вжиття невідкладних заходів у випадку радіаційної аварії.

Дія цієї статті поширюється також на осіб, які виконують тимчасову роботу, пов'язану з використанням джерел іонізуючого випромінювання.

Стаття 7 регулює залучення осіб до ліквідації радіаційних аварій та їх наслідків. «Залучення осіб до ліквідації радіаційних аварій та їх наслідків допускається лише на добровільних засадах, за контрактом, в якому повинна зазначатися можлива доза опромінення за час ліквідації радіаційної аварії та її наслідків.

Залучення до ліквідації радіаційних аварій та їх наслідків осіб, які мають медичні протипоказання, осіб віком до 18 років та жінок дітородного віку забороняється.

Опромінення осіб, залучених до ліквідації радіаційної аварії та її наслідків, вище основних дозових меж опромінення, встановлених цим Законом, допускається лише за їх згодою, у випадках, якщо не можна вжити заходів, які виключають їх перевищення, і може бути виправдано лише рятуванням життя людей та попередженням подальшого небезпечного розвитку аварії і опромінення більшої кількості людей».

Стаття 8 встановлює порядок застосування рівнів втручання в разі радіаційної аварії. Втручання, зумовлене необхідністю захисту життя та здоров'я людини, повинно бути таким, щоб зменшення шкоди, заподіяної впливом іонізуючого випромінювання

шляхом зниження дози опромінення, було достатнім для виправдання як необхідності втручання, так і спричинених цим втручанням збитків.

Заходи щодо укриття людей застосовуються, якщо протягом перших двох тижнів після аварії очікувана сукупна ефективна доза опромінення може перевищити 5 мілізівертів.

Тимчасова евакуація людей здійснюється в разі, якщо протягом перших двох тижнів після аварії ефективна доза опромінення може досягти рівня 50 мілізівертів.

Йодна профілактика застосовується в разі, якщо очікувана поглинута доза опромінення щитовидної залози від накопиченого в ній радіоактивного йоду може перевищити 50 мілігрей для дітей чи 200 мілігрей для дорослих згідно з установленими центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я, регламентами.

Примітка:

*опромінення населення* – опромінення, якого зазнає (зазнала) людина від ядерних установок і джерел іонізуючого випромінювання, за винятком професійного й медичного опромінення та опромінення, зумовленого місцевим природним радіаційним фоном;

*опромінення професійне* – опромінення персоналу в процесі його роботи опромінення персоналу, стажерів та здобувачів освіти, інших працівників, залучених до роботи на об'єктах, на яких провадиться практична діяльність, під час роботи цих працівників з джерелами іонізуючого випромінювання;

*основна дозова межа опромінення* – максимально допустимий рівень індивідуальної ефективної дози опромінення людини, встановлений цим Законом, перевищення якого вимагає застосування заходів захисту людини;

*практична діяльність* – діяльність людини, під час здійснення якої запроваджуються додаткові джерела випромінювання, чи додаткові шляхи опромінення, чи збільшується кількість людей, які підпадають під вплив опромінення, внаслідок якої збільшуються величини опромінення, його ймовірність чи кількість опромінених людей.

Ніхто у світі не може гарантувати, що в силу певних обставин людина не може бути опромінена в дозі, яка може значно перевищувати ліміт, встановлений законодавством. У той же час варто підкреслити, що міжнародна спільнота, держави роблять усе можливе для запобігання опроміненню як населення, так і кожної особи зокрема. Діяльність у цій сфері забезпечується як міжнародними правовими угодами, так і законодавством кожної держави.

В Україні основним правовим документом, що встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятних рівнів опромінення як для окремої людини, так і суспільства в цілому є Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). НРБУ-97 містить принципи, критерії, нормативи й правила, виконання яких є обов'язковою нормою в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини й радіаційної безпеки.

Примітка:

*протирадіаційний захист* – сукупність нормативно-правових, проектно-конструкторських, медичних, технічних й організаційних заходів, що забезпечують радіаційну безпеку;





*індустріальне джерело* – джерело іонізуючого випромінювання штучного чи природного походження, яке цільово використовується у виробничій, науковій, медичній та інших сферах з метою отримання матеріальної чи іншої користі на всіх етапах від видобутку (створення) до захоронення (утилізації);

*втручання* – такий вид людської діяльності, що завжди спрямований на зниження та відвернення неконтрольованого й непередбачуваного опромінення чи ймовірності опромінення в ситуаціях:

- аварійного опромінення (гострого, короткочасного чи хронічного);
- хронічного опромінення від техногенно підсилених джерел природного походження;
- інших ситуаціях тимчасового опромінення, визначених регулюючим органом, як таких, що вимагають втручання;

*аварійне опромінювання* – непередбачене підвищення опромінення персоналу й/чи населення внаслідок радіаційної аварії.

НРБУ-97 визначили основні принципи, на яких ґрунтується протирадіаційний захист і радіаційна безпека під час практичної діяльності й у ситуаціях утручань.

Під час практичної діяльності мають діяти такі основні принципи:

✓ будь-яка практична діяльність, що супроводжується опроміненням людей, не повинна здійснюватися, якщо вона не приносить більшої користі опроміненним особам чи суспільству в цілому в порівнянні зі шкодою, яку вона (практична діяльність) завдає (принцип виправданості);

✓ рівні опромінення від усіх значимих видів практичної діяльності не повинні перевищувати встановлені ліміти доз (принцип неперевищення).

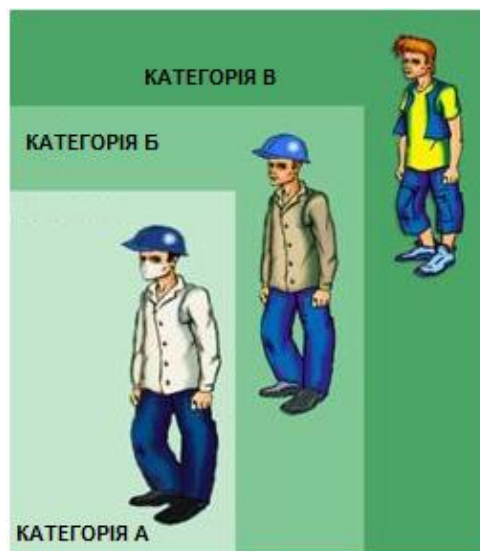
Примітка: *ліміт дози (ЛД)* – основний радіаційно-гігієнічний норматив, метою якого є обмеження опромінення осіб категорії А, Б й В від усіх індустріальних джерел іонізуючого випромінювання в ситуаціях практичної діяльності. НРБУ-97 встановили ліміт ефективної дози й ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення та визначили категорії осіб, що опромінюються, а саме:

*Категорія А* – особи із числа персоналу, які постійно чи тимчасово працюють з джерелами іонізуючого випромінювання.

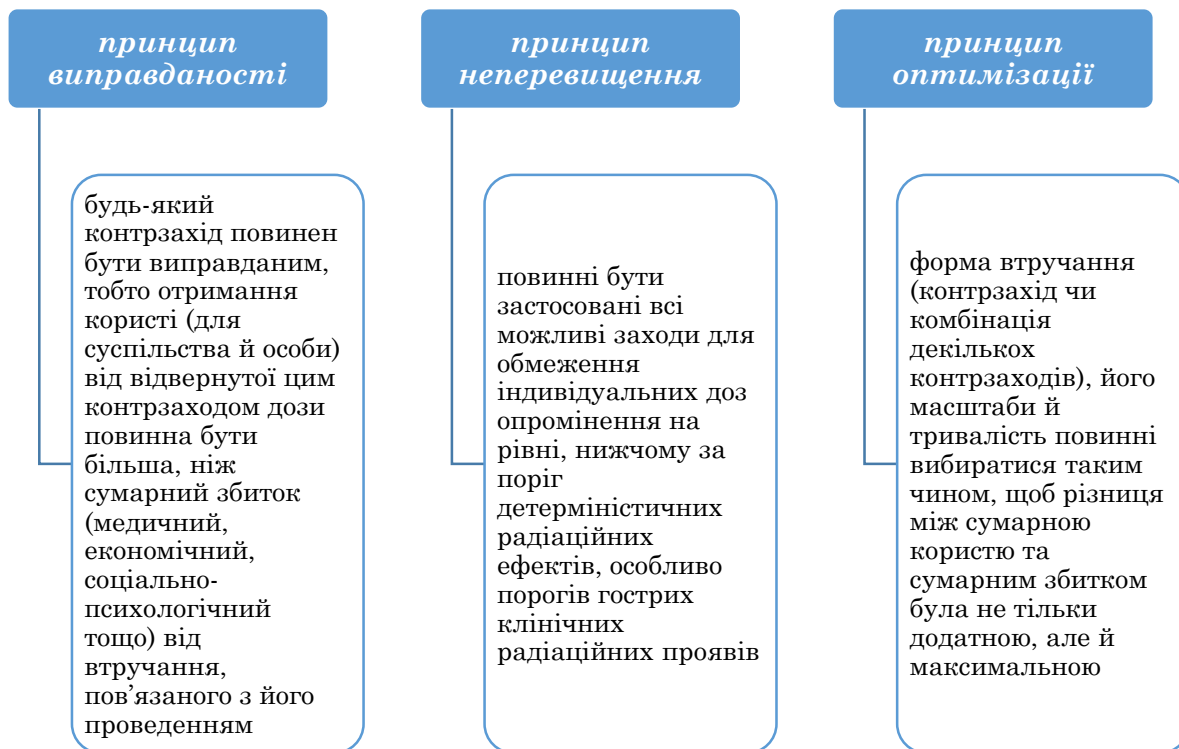
*Категорія Б* – особи із числа персоналу, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючого випромінювання, але у зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях і на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

*Категорія В* – все населення;

✓ рівні індивідуальних доз і/чи кількість опромінених осіб по відношенню до кожного джерела випромінювання повинні бути настільки низькими, наскільки це може бути досягнуто з врахуванням економічних і соціальних факторів (принцип оптимізації).



У ситуаціях втручань радіаційна безпека й протирадіаційний захист будуються на тих же основних принципах, але в кожному принцип НРБУ-97 вкладає інший зміст.



Примітка:

*контрзахід* – будь-яка дія, яка призводить до зменшення індивідуальної чи колективної доз опромінення чи ймовірності опромінення внаслідок аварії чи ситуації хронічного опромінення та/чи зменшення збитку здоров'ю, завданого самим фактом наявності аварії чи хронічного опромінення;

*користь у загальному розумінні* – певні позитивні наслідки, блага, вигоди;

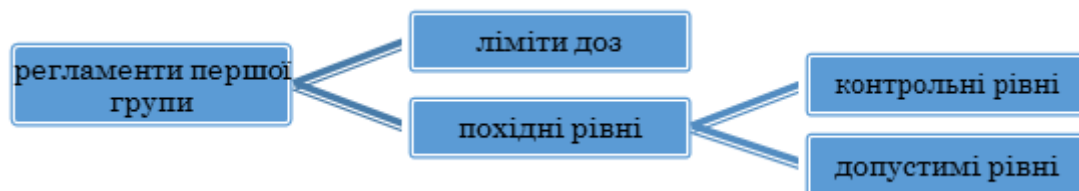
*користь у галузі радіаційного захисту* – це міра позитивних для здоров'я людини наслідків втручання за рахунок відвернутої внаслідок цього втручання дози опромінення;

*збиток* – загальна міра всіх несприятливих ефектів опромінюваної групи людей (шкоди здоров'ю від стохастичних і детерміністичних ефектів, занепокоєності й збентеження індивідуумів за своє здоров'я та здоров'я своїх близьких й усі наслідки, що негативно позначаються на комфорті цих індивідуумів і які пов'язані з обмеженнями внаслідок самого опромінення та застосування відповідних контрзаходів) з врахуванням імовірності, скрутності й часу проявлення цих ефектів.

НРБУ-97 встановлюють регламентовані величини, що спрямовані на дотримання рівнів опромінення персоналу й населення відповідно до українського законодавства.

НРБУ-97 визначають чотири групи радіаційно гігієнічних регламентних величин (далі – регламенти).

До першої групи регламентів відносяться регламенти для контролю за практичною діяльністю, спрямовані на додержання опромінення персоналу й населення на прийнятному для особи й суспільства рівні, а також на підтримання радіаційно-прийняттого стану навколишнього природного середовища й технологій радіаційно-ядерних об'єктів з позицій обмеження опромінення персоналу й населення, а також на зниження ймовірності виникнення аварій на цих об'єктах.



Примітка:

*допустимий рівень (ДР)* – похідний норматив для надходження радіонуклідів в організм людини за календарний рік, усереднених за рік потужності еквівалентної дози, концентрації радіонуклідів у повітрі, питній воді й раціоні, щільності потоку часток, розрахований для референтних умов опромінення із значень лімітів доз;

*контрольні рівні* – радіаційно-гігієнічні регламенти першої групи, чисельні значення яких встановлюються, виходячи з фактично досягнутого на даному радіаційно-ядерному об'єкті чи території рівня радіаційного благополуччя. Величина контрольних рівнів встановлюється керівництвом установи за погодженням з органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду з метою обмеження опромінення персоналу й населення нижче значень лімітів доз, а також для проведення радіаційно-дозиметричного контролю.

Друга група стосується регламентів, що спрямовані на обмеження опромінення людини від медичних джерел. Не розглядатимуться в цьому навчальному посібнику.

До третьої групи відносяться регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення в умовах радіаційної аварії. До третьої групи входять:

- рівні втручання;
- рівні дії.

До четвертої групи регламентів відносяться регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення від техногенно-підсилених джерел природного походження. До четвертої групи регламентів входять:

- рівні втручання;
- рівні дії.

Примітка: до техногенно-підсилених джерел природного походження відносяться «хвосты» уранодобувної промисловості;

*рівень втручання* – рівень відвернутої дози опромінення, при перевищенні якого потрібно застосовувати конкретний контрзахід у випадку аварійного чи хронічного опромінення;

*рівень дії* – величина, похідна від рівнів втручання, яка виражається в термінах таких показників радіаційної обстановки, які можуть бути виміряні: потужність поглиненої дози в повітрі на відкритій місцевості, об'ємна активність радіонуклідів у повітрі, концентрація їх у продуктах харчування, щільність випадіння радіонуклідів на ґрунт й інші.

Розглянемо більш детально радіаційно-гігієнічні регламенти першої групи.

Числові значення лімітів доз встановлюються на рівнях, що виключають можливість виникнення детермінованих ефектів опромінення та одночасно гарантують настільки низьку ймовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому. Ліміт дози порівнюється із сумою ефективних доз опромінення від індустріальних джерел випромінювання. До вищезгаданої суми не включається:

- ✓ доза, яку одержують при медичному обстеженні чи лікуванні;
- ✓ доза опромінення від природних джерел випромінювання;
- ✓ доза, що пов'язана з аварійним опроміненням населення;
- ✓ доза опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження.



Варто підкреслити, що додатково до ліміту річної ефективної дози встановлюються ліміти річної еквівалентної дози зовнішнього опромінювання окремих органів і тканин:

- ✓ кришталика ока;
- ✓ шкіри;
- ✓ кистей та стоп.

У таблиці 3.1 приведено ліміти доз опромінювання осіб категорії А, Б, В.

Таблиця 3.1. Ліміти дози опромінювання (мЗв за рік)

	Категорія осіб, які опромінюються		
	А <sup>а,б</sup>	Б <sup>а</sup>	В <sup>а</sup>
Ліміт ефективної дози	20 <sup>в</sup>	2	1
Ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінювання:			
для кришталика ока	150	15	15
для шкіри	500	50	50
для кистей та стоп	500	50	-

*Примітки:* <sup>а</sup> – розподіл дози опромінювання протягом календарного року не регламентується; <sup>б</sup> – обмеження для жінок дітородного віку (до 45 років) і для вагітних жінок; <sup>в</sup> – у середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за окремий рік.

Опромінювання персоналу категорії А в будь-який окремий рік не повинне перевищувати 20 мЗв, а категорії Б – 2 мЗв за рік. Для категорії А допускається опромінювання до 50 мЗв за рік, але за наступні 5 років середня доза за рік не повинна перевищувати 20 мЗв. Особи до 18 років не допускаються до робіт з джерелами іонізуючого випромінювання. Встановлені ліміти дози означають, що професійний ризик для осіб, які працюють з джерелами випромінювання, не вище професійного ризику в інших галузях, та в цілому розглядаються як безпечні.

Потрібно пам'ятати, що НРБУ-97 встановлюють допустимі рівні (ДР), які відносяться до радіаційно-гігієнічних регламентів першої групи. Для кожної категорії встановлюються такі допустимі рівні:

#### категорія А

- допустиме надходження (ДН<sub>inhalA</sub>) радіонукліду через органи дихання;
- допустима концентрація (ДК<sub>inhalA</sub>) радіонукліду в повітрі робочої зони;
- допустима щільність потоку частин (ДЩПА);
- допустима потужність дози зовнішнього опромінення (ДПДА);
- допустиме радіоактивне забруднення (ДЗА) шкіри, спецодягу й робочих поверхонь.

#### категорія Б

- допустиме надходження (ДН<sub>inhalB</sub>) радіонукліда через органи дихання;
- допустима концентрація (ДК<sub>inhalB</sub>) радіонукліду в повітрі робочої зони.

#### категорія В

- допустиме надходження радіонукліда через органи дихання (ДН<sub>inhalB</sub>) і травлення (ДН<sub>ingest</sub>);
- допустимі концентрації радіонуклідів у повітрі (ДК<sub>inhalB</sub>) і питній воді (ДК<sub>ingestB</sub>);
- допустимий скид і викид у повітря.

---

На жаль, не завжди персонал категорій А й Б виконує свої обов'язки тільки в умовах практичної діяльності. Час від часу відбуваються незаплановані події на об'єктах з радіаційною та радіаційно-ядерною технологією, які кваліфікуються як радіаційна аварія, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідні й достатні умови, а саме:

- ! втрата регулюючого контролю над джерелом;
- ! реальне (чи потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою регулюючого контролю над джерелом.

Як уже зазначалося, до третьої групи радіаційно-гігієнічних регламентів відносяться регламенти щодо відвернутої внаслідок втручання дози опромінення населення в умовах радіаційної аварії.

Під визначення радіаційної аварії підпадають такі події як крадіжка чи втрата поодиноких закритих джерел гамма-випромінювання, неконтрольовані розгерметизації джерел іонізуючого випромінювання, включаючи радіонуклідні нейтронні джерела.



Будь-яка незапланована подія, яка відповідає вищенаведеним критеріям віднесення її (події) до радіаційної аварії та яка виникла на енергетичному чи дослідницькому реакторі, кваліфікується як радіаційна аварія незалежно від причин і масштабів цієї аварії. Коли ж така аварія виникла одночасно з втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією та виникненням реальної чи потенційної загрози самочинної реакції, то така подія кваліфікується як аварія радіаційно-ядерна.

Відповідно до НРБУ-97 радіаційні аварії діляться на дві групи:

- а) аварії, які не супроводжуються радіоактивним забрудненням виробничих приміщень, промайданчика об'єкта й навколишнього середовища;
- б) аварії, внаслідок яких відбувається радіоактивне забруднення середовища виробничої діяльності й проживання людей.

НРБУ-97 класифікує радіаційні аварії за масштабами таким чином:

- ✓ масштаб радіаційної аварії визначається розміром території, а також чисельністю персоналу й населення, які втягнені до неї. Радіаційні аварії утворюють два великі класи: промислові аварії та комунальні аварії.
- ✓ до промислових аварій відносяться такі радіаційні аварії, наслідки яких не поширюються за межі території виробничих приміщень і промайданчика об'єкта, а аварійного опромінення зазнає лише персонал;
- ✓ до комунальних аварій відносяться радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями об'єкта і його промайданчика, а поширюються на оточуючі території, де проживає населення, яке стає об'єктом реального чи потенційного аварійного опромінення.

Комунальні радіаційні аварії у свою чергу поділяються на:

- а) локальні, якщо в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до десяти тисяч осіб;
- б) регіональні, при яких у зоні аварії опиняються території декількох населених пунктів, один чи декілька адміністративних районів і навіть областей, а загальна чисельність утягненого в аварію населення перевищує десять тисяч осіб;
- в) глобальні – це комунальні радіаційні аварії, внаслідок яких у зоні аварії опиняється значна (чи вся) територія країни і її населення. Коли зона глобальної аварії поширюється за межі країни, то така аварія відноситься до трансграничної.

Примітка: *зона аварії* – територія, яка залежно від масштабів аварії вимагає планування та проведення певних заходів, пов'язаних із цією подією. Межі зони аварії в кожному конкретному випадку визначаються органами державної влади України.

Відповідно до законодавства всі роботи в умовах радіаційної аварії виконуються аварійним персоналом. НРБУ-97 до *аварійного персоналу* відносить:

- ✓ персонал аварійного об'єкта, а також персонал спеціальних заздалегідь підготовлених аварійних бригад (медичні бригади швидкого реагування, дозиметричні аварійні групи, спеціально підготовлені для робіт в умовах радіаційної аварії пожежні команди, бригади для ремонтно-відновлювальних і будівельних робіт й інші подібні формування) – основний персонал;
- ✓ особи, залучені до аварійних робіт, – залучений персонал, який також має бути заздалегідь навчений та проінформований про радіаційну ситуацію в місцях виконання робіт.

Відповідно до НРБУ-97:

- ✓ до робіт з ліквідації наслідків промислової радіаційної аварії залучається лише основний персонал як із числа робітників об'єкта, так і з професійно-підготовлених робітників аварійних бригад;

- ✓ на час робіт в умовах комунальної радіаційної аварії залучений персонал прирівнюється до категорії А. При цьому залучений персонал має бути забезпечений в однаковій мірі з основним персоналом усіма табельними спеціальними засобами індивідуального й колективного захисту, а також системою вимірювання та реєстрації отриманих у ході проведених робіт доз опромінення;
- ✓ аварійний персонал повинен бути постійно поінформованим про вже отримані й можливі дози опромінення та можливу шкоду для здоров'я;
- ✓ обмеження опромінення основного персоналу, зайнятого на аварійних роботах, виконується таким чином, щоб не були перевищені встановлені НРБУ-97 значення регламентів першої групи для категорії А (ліміт ефективної дози 20 мЗв/рік; ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення: для кришталіка ока – 150 мЗв/рік, для шкіри – 500 мЗв/рік, для кистей та стоп – 500 мЗв/рік);
- ✓ у випадках, якщо роботи в зоні аварії поєднуються із:
  - здійсненням втручання для запобігання серйозних наслідків для здоров'я людей, які опинилися в зоні аварії;
  - зменшенням чисельності осіб, які можуть зазнати аварійного опромінення (запобігання великих колективних доз);
  - запобіганням такого розвитку подій, який може призвести до катастрофічних наслідків, допускається заплановане підвищення опромінення осіб зі складу аварійного персоналу (за виключенням жінок і чоловіків до 30 років). У таких випадках мають бути вжиті заходи, щоб величина сумарного опромінення не перевищила 100 мЗв (2ЛД<sub>max</sub>);
- ✓ при здійсненні заходів, в яких доза може перевищити ЛД<sub>max</sub>, особи із числа аварійного персоналу, які виконують ці роботи, мають бути добровольцями, які пройшли медичне обстеження, а кожна особа має бути чітко й всесторонньо проінформована про ризик подібного опромінення для здоров'я, пройти попередню підготовку й дати письмову згоду на участь у подібних роботах;
- ✓ у виключних випадках, коли роботи виконуються з метою збереження життя людей, мають застосовуватися всі можливі заходи для того, щоб особи із числа аварійного персоналу, які виконують ці роботи, не могли отримати еквівалентну дозу на будь-який з органів, включаючи рівномірне опромінення всього тіла, не більше 500 мЗв. Виконання цієї вимоги забезпечує запобігання детермінованих ефектів;
- ✓ дози, отримані внаслідок проведення аварійних робіт, не можуть бути підставою для усунення робітників, які брали участь у цих роботах, від продовження (чи початку) такої професійної діяльності, яка пов'язана з виробничим контактом з джерелами іонізуючого випромінювання.

Якщо ж учасник аварійних робіт отримав дозу близько 500 мЗв, то подальше його професійне опромінення можливе лише після кваліфікованого медичного обстеження та всестороннього інформування про можливий ризик для здоров'я, пов'язаний з роботами у сфері радіаційних технологій.

Протирадіаційний захист населення в умовах радіаційної аварії базується на системі протирадіаційних заходів (контрзаходів), які практично завжди є втручанням у нормальну життєдіяльність людей).

Усі захисні контрзаходи, що застосовуються в умовах радіаційної аварії, поділяються на прямі й непрямі.

До прямих відносяться контрзаходи, реалізація яких призводить до запобігання чи зниження індивідуальних і/чи колективних доз аварійного опромінення.

До непрямих відносяться всі види контрзаходів (наприклад, заходи, спрямовані на підвищення якості життя опромінених осіб), які не призводять до запобігання індивідуальних і колективних доз опромінених, але зменшують величину збитку для здоров'я викликаного опроміненням. НРБУ-97 не розглядає непрямі контрзаходи.

## ПРЯМІ КОНТРЗАХОДИ

**ТЕРМІНОВІ.** До термінових відносяться такі контрзаходи, проведення яких має за мету відвернення таких рівнів доз гострого й/чи хронічного опромінення осіб з населення, які створюють загрозу виникнення радіаційних ефектів, що виявляються клінічно.

**НЕВІДКЛАДНІ.** Контрзаходи, реалізація яких спрямована на відвернення детермінованих ефектів.

**ДОВГОСТРОКОВІ.** Контрзаходи, спрямовані на відвернення доз короточасного чи хронічного опромінення, значення яких, як правило, нижче порогів індукування детермінованих ефектів.

Доцільність проведення конкретного контрзаходу визначається порівнянням збитку, завданого втручанням, викликаним даним контрзаходом, з користю для здоров'я, за рахунок дози, відвернутої цим втручанням.

Втручання є не виправданим, якщо величина відвернутої дози внаслідок конкретного втручання менша рівня, визначеного як найнижча межа виправданості. Межі виправданості відповідає така величина відвернутої дози, при якій користь від проведеного контрзаходу дорівнює величині завданого цим втручанням збитку.

Втручання кваліфікуються як виправдані, якщо величина відвернутої конкретним контрзаходом дози є вище межі виправданості.

Безумовно виправдані втручання характеризуються тим, що значення відвернутої дози настільки великі, що користь для здоров'я від подібних втручань значно перевищує той сумарний збиток, яким це втручання супроводжується, наприклад, відвернута доза відповідає тим рівням опромінення, що можуть викликати променеві хвороби.



Механізми, які забезпечують неперевищення описаних вище санітарно-гігієнічних регламентів, визначаються **Основними санітарними правилами забезпечення радіаційної безпеки України (далі – ОСПУ)**. ОСПУ встановлюють, що основою контролю стану радіаційної безпеки в умовах практичної діяльності є дозиметричний контроль на підприємстві.

Завданнями дозиметричного контролю залежно від масштабів практичної діяльності є:

- ✓ розрахунок поточних і прогнозованих рівнів опромінення персоналу категорії А й Б, населення, а також оперативне й довгострокове планування цих рівнів для контролю неперевищення лімітів дози й/чи контрольних рівнів;
- ✓ підтвердження відповідності вимогам санітарного законодавства радіаційно-гігієнічних умов на робочих місцях і виявлення тенденцій у забезпеченні радіаційної безпеки (РБ);
- ✓ контроль якості й надійності радіаційних технологій та ефективності радіаційного захисту персоналу й населення;

- ✓ забезпечення вихідною інформацією для розрахунку доз і підтримки прийнятних рішень у випадку аварійного опромінення, опромінення в нещасних випадках.

Залежно від особливостей технологій та характеру робіт на підприємстві система дозиметричного контролю (СДК) підприємства включає:

- ✓ апаратні засоби радіаційного моніторингу технології, території та робочих місць, а також санітарно-захисної зони й зони спостереження;
- ✓ апаратні засоби запобігання потенційному опроміненню персоналу (датчики, аварійні системи сигналізації), оснащені інтерфейсом для управління елементами захисту, блокування та контролю доступу (наприклад, блокування турнікетів);
- ✓ вимірювальне обладнання для індивідуального дозиметричного контролю персоналу (стаціонарне, портативне й таке, що носить персоналом);
- ✓ підрозділ дозиметрії підприємства, оснащений дозиметричним, радіометричним, спектрометричним і радіохімічним обладнанням, комп'ютерними засобами збору й зберігання первинних даних;
- ✓ обчислювальні засоби й програмне забезпечення для обробки первинних даних, розрахунку й планування індивідуальних доз опромінення персоналу;
- ✓ кваліфікований персонал;
- ✓ програму дозиметричного контролю;
- ✓ методичні документи й інструкції, що забезпечують експлуатацію окремих компонентів СДК;
- ✓ базу даних доз опромінення персоналу й параметри радіаційної обстановки в динаміці.

ОСПУ наголошують, що програма дозиметричного контролю має включати:

- ✓ перелік необхідних радіометричних і дозиметричних приладів, допоміжного обладнання, а також технічних вимог й інструкцій з їх експлуатації;
- ✓ розміщення обладнання стаціонарного періодичного контролю;
- ✓ об'єкти контролю, у тому числі приміщення, в яких повинен здійснюватися контроль, а також об'єкти зовнішнього середовища в межах санітарно-захисної зони й зони спостереження;
- ✓ параметри, що контролюються;
- ✓ контрольні й допустимі рівні параметрів, що контролюються;
- ✓ порядок допуску персоналу до робіт (у тому числі – за нарядами);
- ✓ порядок обліку й планування доз;
- ✓ установлені форми звітності;
- ✓ програму поточного дозиметричного контролю;
- ✓ програму спеціального дозиметричного контролю;
- ✓ програму аварійного дозиметричного контролю;
- ✓ систему забезпечення якості під час здійснення дозиметричного контролю;
- ✓ штат працівників, що здійснюють контроль.

Особливу увагу ОСПУ надають забезпеченню дозиметричного контролю персоналу.

Дозиметричний контроль персоналу залежно від особливостей технологій та характеру робіт включає:

- ✓ моніторинг радіаційно-гігієнічних параметрів на робочих місцях, у приміщеннях, на проммайданчику, у санітарно-захисній зоні й зоні спостереження;
- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль;
- ✓ систему оперативного й довгострокового планування, обліку й зберігання індивідуальних доз опромінення персоналу.

Моніторинг виробничого середовища залежно від характеру здійснюваних робіт включає контроль:

- ✓ потужності дози рентгенівського й гамма-випромінювання, щільності потоків бета-частинок, нейтронів й інших видів іонізуючого випромінювання на робочих місцях, у суміжних приміщеннях, на промайданчику підприємства;
- ✓ рівня забруднення радіоактивними речовинами робочих поверхонь обладнання та приміщення, транспортних засобів;
- ✓ об'ємної активності радіоактивних газів й аерозолів у повітрі, а також контроль запиленості повітря робочих й інших приміщень підприємства й на промайданчику (моніторинг повітряного середовища);
- ✓ збору, видалення та знешкодження твердих і рідких радіоактивних відходів;
- ✓ рівнів забруднення об'єктів на території підприємства.

Індивідуальний дозиметричний контроль залежно від характеру робіт включає:

- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль зовнішнього опромінення за рахунок бета-випромінювання, нейтронів, рентгенівського, гамма-випромінювання з використанням індивідуальних дозиметрів;
- ✓ індивідуальний дозиметричний контроль внутрішнього опромінення, який проводиться на основі прямих і непрямих біофізичних вимірювань.

Особливе значення в умовах радіаційної аварії набуває індивідуальний дозиметричний контроль осіб з аварійного персоналу – ліквідаторів наслідків радіаційної аварії.

*Особливе місце в пом'якшенні наслідків радіаційної аварії має організація дозиметричного індивідуального контролю кожної особи з ліквідаторів і з населення.*

Варто знати, що смертельну дозу опромінення особа може отримати не обов'язково в результаті ядерного вибуху чи важкої радіаційної аварії, наприклад, розплавлення активної зони енергетичного реактора. Невелике джерело, залишене кимось у несанкціонованому місці, також може призвести людину, яка певний час знаходилася поряд з джерелом, не знаючи нічого про його існування, до смерті.

Ось чому так важливо знати величини доз опромінення в підозрілому місці. Це, у першу чергу, стосується таких професій як поліцейський, військовий, медик тощо. Для визначення дози опромінення особи застосовується індивідуальний дозиметр – прилад, який вимірює накопичену особою дозу опромінення. Але цей прилад може показувати тільки дозу зовнішнього опромінення. Величина внутрішнього опромінення кожної особи, що знаходиться в радіаційних полях з підвищеною потужністю дози, залежить від того, наскільки досвідчено ця особа діє в конкретній ситуації.

Досвідчена особа діятиме тільки при виконанні певних умов, а саме особа:

- ✓ знає характеристики ситуації, в якій вона опинилася;
- ✓ має чим захищатися від уражальних чинників події, що викликали цю ситуацію.

Для того, щоб знати радіаційні характеристики ситуацій, в якій може опинитися особа, наприклад, поліцейський, вона (особа) повинна знати характеристики зараження радіоактивним матеріалом місцевості, будинку, окремого приміщення. Такі дані можна отримати тільки з допомогою спеціальних приладів, бо радіація ні одним з органів чуття людини не реєструється.

Для того, щоб особи могли себе захистити від уражальних чинників події, що викликали певну ситуацію, людина повинна знати ці уражальні чинники, знати й уміти захищатися від цих чинників, і мати чим захищатися від тих же чинників. При роботі з джерелами іонізуючого випромінювання, перш за все, потрібно з'ясувати, з яким джерелом випромінювання ви маєте справу – закритим чи відкритим.

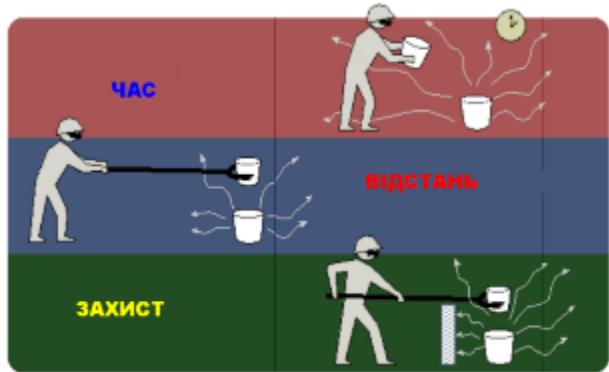
Закрите джерело іонізуючого випромінювання виключає можливість попадання радіоактивного вмісту джерела в оточуюче середовище, а значить і всередину організму.

Основними способами захисту від іонізуючого випромінювання є:

- ✓ зменшення активності джерела, з яким контактує особа під час виконання своїх посадових/службових обов'язків. Цього можна досягнути шляхом використання радіоактивних матеріалів (речовин) з меншою активністю, але це не завжди прийнятне. Такий спосіб захисту використовується нечасто;



- ✓ зменшення часу роботи з джерелом випромінювання. Цього можна досягнути шляхом удосконалення організації та виконання процедур певного технологічного процесу;
- ✓ збільшення відстані між особою та джерелом. Це правило використовується при роботі з точковим джерелом випромінювання шляхом використання дистанційних маніпуляторів й інших автоматизованих пристроїв;
- ✓ розташуванням між особою та джерелом захисних екранів (стаціонарних, пересувних, розбірних тощо).



Для виготовлення екранів, що застосовуються для захисту від гамма-випромінювання, використовують бетон, чавун, сталь, свинець, збіднений уран.

Для **захисту від нейтронного опромінення** застосовують:

- ✓ легкі матеріали, що містять водень (водень, вода, поліетилен), ці матеріали найбільш ефективні сповільнювачі нейтронів;
- ✓ металоводеньміщуючі середовища;
- ✓ матеріали, що складаються з хімічних елементів середини таблиці Менделєєва (бетон, різні породи й мінерали).

Що стосується захисту від іонізуючого випромінювання відкритих джерел, тут найбільша небезпека виходить від внутрішнього опромінення. Радіонукліди з відкритих джерел можуть потрапити всередину організму через органи дихання, травлення та через шкіру.

Найбільша небезпека внутрішнього опромінення пов'язана з  $\alpha$ -частинками.

**Для запобігання внутрішнього опромінення** необхідно не допустити попадання радіонуклідів в організм. Для цього використовуються:

- ✓ закриті окуляри із спеціального органічного скла;
- ✓ гумові рукавиці;
- ✓ комбінезони, нарукавники, взуття із спеціальних матеріалів;
- ✓ респіратор чи протигаз.

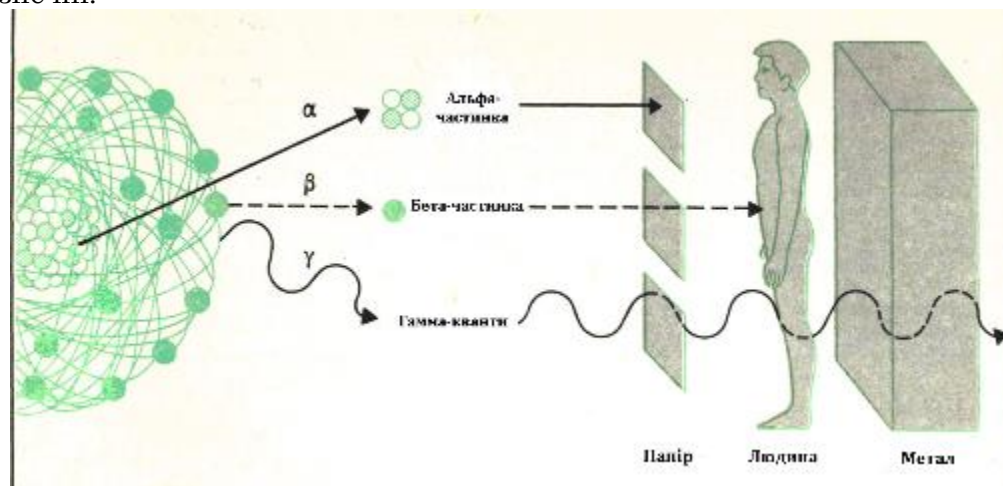
Для реєстрації альфа-випромінювання потрібні спеціальні детектори. Крім того, особа, яка збирається реєструвати наявність альфа-випромінювання, повинна пройти спеціальну підготовку, інакше прилад для пошуку альфа-випромінювання може бути виведений з ладу.

**Для захисту від бета-випромінювання** передбачене наступне:

- ✓ при плануванні короточасних робіт потрібно використовувати радіопротектори – речовини, які вводяться в організм до початку робіт у зоні радіаційної аварії та ослаблюють дію випромінювання. Протектори вводяться чи у вигляді ін'єкцій, чи як добавка до їжі;
- ✓ при виконанні робіт потрібно триматися якнайдалі від бета-джерела;
- ✓ роботу потрібно виконувати так, щоб вона була здійснена в мінімальний строк;
- ✓ обов'язково користуватися протигазами для захисту органів дихання;
- ✓ обов'язково застосовувати спеціальні захисні костюми, взуття та рукавиці;
- ✓ забезпечити постійний дозиметричний контроль при роботі в зоні радіаційної аварії чи при роботі з бета-джерелом.

Варто пам'ятати, що бета-випромінювання при дії на тканини організму людини може призвести до дуже важких наслідків (опіки, променева хвороба різних ступенів), аж до смерті опроміненого. Опіки, як правило, спостерігаються на відкритих ділянках шкіри.

Бета-випромінюючі радіонукліди при попаданні всередину організму також дуже небезпечні.



Отже, захист від зовнішнього альфа- й бета-випромінювання здійснюється порівняно легко, що пояснюється невеликою проникаючою здатністю цих випромінювань. Альфа- й бета-випромінювання характеризуються певною величиною пробігу альфа- й бета-частинок у речовині. Пробіг альфа-частинок у повітрі не перевищує декількох сантиметрів. Альфа-частинки поглинаються гумовими рукавицями, одягом, стінками скляного посуду.

Пробіг бета-частинок у повітрі, залежно від їх енергії, може бути в діапазоні від декількох сантиметрів до декількох метрів. Для захисту від бета-частинок застосовують матеріали з вмістом хімічних елементів з невеликим атомним номером.

Для захисту очей від альфа-випромінювання та бета-випромінювання низьких і середніх енергій використовують окуляри зі звичайним склом.

Для захисту від високоенергетичного бета-випромінювання застосовують плексиглас товщиною 2,0 -2,5 мм.

Для захисту очей від  $\gamma$ -випромінювання застосовують свинцеве скло з фосфатом вольфраму, а від нейтронів – скло з борсилікатом кадмію чи фтористими сполуками.

## 11. РЕАГУВАННЯ НА РАДІАЦІЙНІ ІНЦИДЕНТИ

Інциденти й аварійні ситуації відбуваються по всьому світу в самихнайбільш неочікуваних місцях і часто пов'язані з радіоактивними матеріалами, що знаходяться поза регулюючим контролем. Міжнародний досвід показує, що навіть незначна аварійна ситуація може мати важкі соціальні, економічні й психологічні наслідки як у національних, так і міжнародних масштабах. Для запобігання цих наслідків велике значення мають ефективні дії осіб, які здійснюють перші дії у відповідь – перше реагування.

Найчастіше трапляється так, що в аварійних ситуаціях перше реагування здійснюють особи, які мають невеликий досвід роботи в аварійних ситуаціях чи його не мають зовсім, що часто призводить до неадекватного реагування на радіаційні аварії та інциденти.

Досвід показує, що відсутність конкретної особи, яка призначена керувати реагуванням, відсутність чіткого розподілу обов'язків між реагуючим персоналом призводили до неефективних перших дій у відповідь і, як результат – до негативних економічних наслідків, і наслідків для здоров'я, яких можна було б уникнути.

Керівництво першим реагуванням з боку національних посадових осіб не завжди було ефективним. Експерти МАГАТЕ прийшли до висновку, що керувати першими діями у відповідь належить тільки місцевим посадовим особам за підтримки, у разі потреби, з боку національних компетентних органів. На рис. 11.1 наведена організація першого реагування в разі виникнення радіаційної аварійної ситуації.

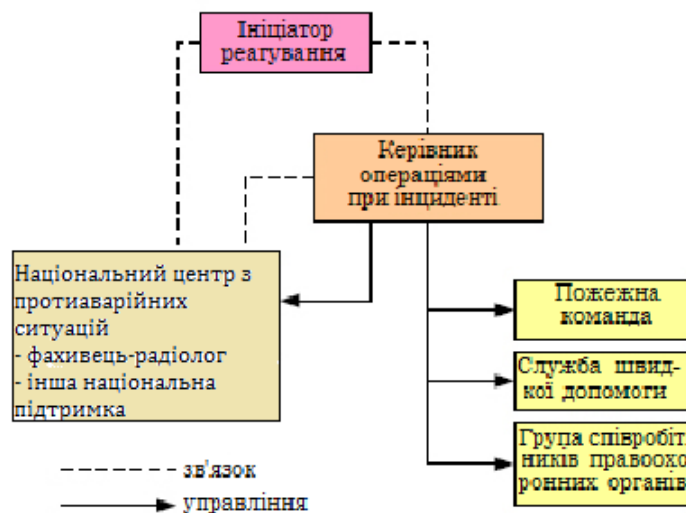


Рис. 11.1. Організація першого реагування в разі виникнення радіаційної аварії чи радіологічного інциденту

Варто також знати, що:

- ✓ прибуття на місце інциденту незатребуваних ресурсів і добровольців може завадити реалізації належних перших дій у відповідь;
- ✓ повністю оцінити радіаційну обстановку на місці інциденту може тільки висококваліфікований фахівець у цій справі;
- ✓ відсутність єдиного джерела офіційної інформації та нездатність оперативно й зрозуміло відкликатися на стурбованість населення та ЗМІ призводили в минулому до серйозних негативних наслідків. Так, населення, будучи

необізнаним у повній мірі в тому, що відбувається, вчиняло дії, які приносили більше шкоди, ніж користі.

Особам, що здійснюють перше реагування, варто очікувати прояву зацікавленості в протіканні аварії чи інциденту з боку ЗМІ, прибуття журналістів і їх спроби коментувати події в прямому ефірі. 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.

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

У разі втрати чи крадіжки небезпечних радіоактивних предметів потрібно негайно здійснити широкомасштабні оголошення про небезпеку цих предметів й описати в оголошеннях як ці предмети виглядають. Досвід показує, що такі оголошення часто призводили до позитивних результатів. Велика роль у справі боротьби з незаконним обігом ядерних й інших радіоактивних матеріалів і в організації перших дій у відповідь належить медикам, і тому дуже важливо правильно здійснювати управління медичним персоналом реагування. Так, спеціалісти-медики часто першими дізнаються про радіаційні аварійні ситуації, коли вони виявляють симптоми, що вказують на можливість радіаційного опромінення їх пацієнтів.

Варто знати, що:

- ✓ деякі спеціалісти-медики на перших порах можуть відмовлятися працювати із забрудненими потерпілими, оскільки вони не були вірно проінформовані про необхідні заходи індивідуального захисту;
- ✓ значна частина осіб з населення, що не була опромінена й не отримала поранень чи травм, турбуючись за своє здоров'я, у перші години аварії чи інциденту приїде до лікарень і поліклінік і буде вимагати негайного обстеження, знижуючи здатність медпрацівників надавати медичну допомогу особам, що дійсно потерпіли;
- ✓ як тільки ЗМІ викладуть інформацію про радіаційну аварійну ситуацію, тисячі людей (практика показує, що до 10% місцевого населення) звернуться з проханням щодо проведення дозиметричного контролю персонально кожного з них.

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.

Варто знати, що:

- ✓ пункти евакуації, транспортні засоби часто вибиралися терористами чи іншими злочинними групами як ідеальні місця для розміщення вибухових пристроїв;
- ✓ терористи чи інші злочинці, що підозрюються у вчиненні злочину, пов'язаному з радіоактивним матеріалом, можуть знаходитися серед осіб з населення і є загрозою для фахівців, що здійснюють медичну допомогу чи дозиметричний контроль;
- ✓ потрібно розглядати як речові докази всі предмети, знайдені чи вилучені на місці інциденту. Цінні речові докази можуть бути втрачені чи знищені через осіб, що здійснювали перші дії у відповідь, які не знали про те, що їх дії можуть призвести до знищення доказів (наприклад, поміщення в один контейнер забруднених і незабруднених предметів, невиконання заходів з маркування і зберігання забруднених предметів, дезактивація забруднених предметів).

Дуже важливим є вирішення проблеми зв'язку під час протікання радіаційної ситуації.

Необхідно знати, що:

- ✓ у перші години після того, як населення дізнається про виникнення аварійної ситуації, місцеві системи телефонного зв'язку (зокрема й мобільного) можуть бути заблокованими через перевантаження;
- ✓ мобільні телефони на місці інциденту можуть бути заглушені, виходячи з вимог безпеки.



Після здійснення перших дій у відповідь на місце інциденту приїжджають спеціально підготовлені групи реагування, які діють відповідно до розроблених і відпрацьованих алгоритмів.

Уміння діяти в умовах радіаційної ситуації є необхідною умовою успішної ліквідації наслідків радіаційної аварії чи радіологічного інциденту, збереження здоров'я і життя населення та персоналу реагування.

Досвід показує, що місцеві служби (швидкої допомоги, патрульної поліції та пожежників) відіграють найбільш важливу роль при оперативному реагуванні на радіологічну аварійну ситуацію. Через декілька годин, що пройшли після виникнення радіаційної аварійної ситуації, національні посадові особи також відіграють важливу роль у наданні підтримки реагуванню на місцевому рівні.

На рис. 11.2 наведена організація реагування на місцевому рівні в разі радіаційної аварії чи радіологічного інциденту.

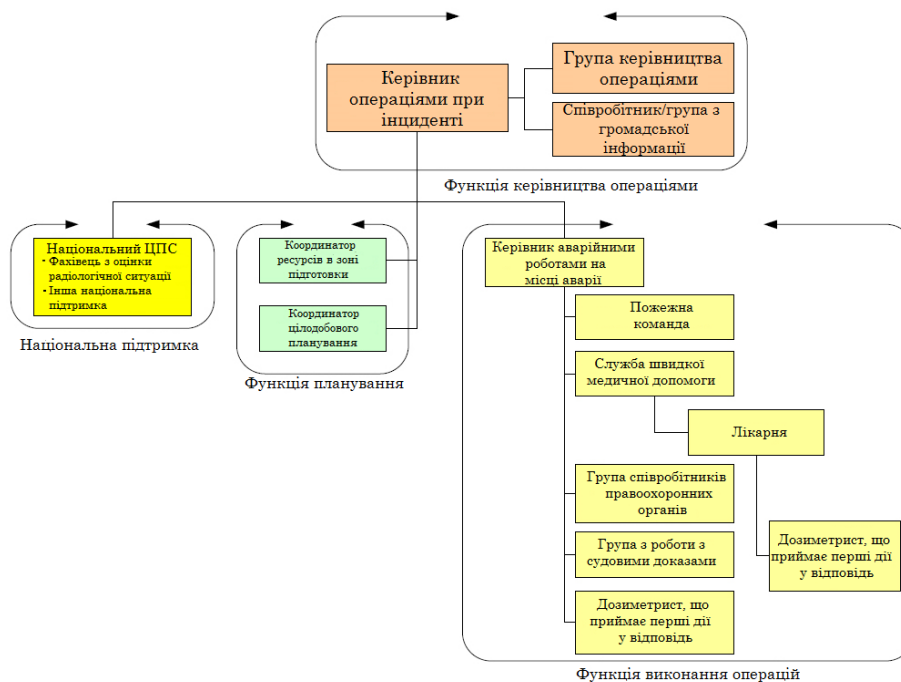


Рис. 11.2. Організація реагування на місцевому рівні в разі радіаційної аварії чи радіологічного інциденту

Документ IAEA-TECDOC-1313/R «Реагирование на события, связанные с непреднамеренным перемещением или незаконным оборотом радиоактивных материалов», підготовлений спільно МАГАТЕ, Всесвітньою торговою організацією, Європолем й Інтерполом, розглядає поряд з іншими питаннями, пов'язаними з реагуванням на ненавмисне переміщення чи незаконний обіг радіоактивних матеріалів, питання розслідування інциденту й збору доказів, включаючи радіоактивні докази. Документ містить опис ролі, обов'язків і спеціальних обов'язків співробітника правоохоронних органів, відповідального за розслідування радіаційного інциденту. Для



того, щоб співробітник, відповідальний за розслідування інциденту, міг якісно виконувати свої функції, він повинен знати ролі й обов'язки ключових осіб з персоналу групи реагування на інцидент.

До таких осіб відноситься керівник операціями під час реагування на інцидент (далі – керівник операціями під час інциденту), роль якого полягає в:

- ✓ управлінні всіма операціями на місці інциденту;
- ✓ керуванні всім польовим персоналом, здійснюючим реагування;
- ✓ забезпеченні контролю за місцем інциденту;
- ✓ сприянні здійсненню процедур реагування;
- ✓ підтриманні зв'язку з консультантом з оцінки радіологічної обстановки й співробітником правоохоронних органів, відповідальним за розслідування інциденту.

Керівник операціями під час інциденту має забезпечити на місці інциденту:

- ✓ нейтралізацію будь-яких ризиків, що стосуються фізичної ядерної безпеки;
- ✓ мінімізацію будь-якої потенційної небезпеки здоров'ю персоналу з реагування та довкілля;
- ✓ збереженість доказів для здійснення в майбутньому судочинства;
- ✓ відновлення місця інциденту до нормального стану.

До конкретних обов'язків керівника операціями під час інциденту відносяться:

- ✓ встановлення і підтримання контролю на місці інциденту;
- ✓ організація в належному місці центру управління операціями під час інциденту;
- ✓ забезпечення проведення оцінки небезпеки;
- ✓ координація заходів з реагування, здійснюваних різними організаціями;
- ✓ підтримання зв'язку з вищим керівником дій з реагування та надання йому звітів;
- ✓ забезпечення надання кадрових ресурсів, зв'язку й експертів для вирішення конкретних проблем реагування;
- ✓ призначення відповідального за охорону й введення в дію процедури організації охорони;
- ✓ призначення відповідального за приймальний пункт і створення зони прийому персоналу, здійснюючого реагування;
- ✓ сприяння організації дорожнього руху й забезпечення створення зони сортування транспортних засобів;
- ✓ призначення відповідального за зв'язок з пресою та створення пункту для представників ЗМІ.

Усе це здійснюється на місці інциденту, пов'язаного з радіаційною аварією, а значить з підвищеним радіаційним фоном і цілком можливим радіоактивним забрудненням людей та довкілля. У цих умовах до ключових осіб з персоналу реагування відноситься консультант з оцінки радіологічної обстановки, роль якого полягає в:

- ✓ оцінці радіологічної небезпеки на місці інциденту;
- ✓ забезпеченні радіаційного захисту для персоналу реагування та, якщо це потрібно, населення;
- ✓ забезпечення експертних консультацій щодо заходів, спрямованих на зведення до мінімуму радіологічної небезпеки.

Головними завданнями консультанта з оцінки радіологічної обстановки є:

- ✓ оцінка радіологічної небезпеки;
- ✓ мінімізація будь-яких потенційних небезпек для здоров'я персоналу реагування та довкілля;



- ✓ визначення місцезнаходження та забезпечення безпеки виявлених радіоактивних матеріалів;
- ✓ запобігання поширенню радіоактивного забруднення людей та довкілля;
- ✓ оцінка ізотопного складу, кількості й фізичного стану виявлених радіоактивних матеріалів.

До спеціальних обов'язків консультанта з оцінки радіологічної обстановки відноситься:

- ✓ проведення радіологічного контролю місця інциденту;
- ✓ встановлення процедури дезактивації на місці інциденту;
- ✓ забезпечення експертних консультацій щодо дезактивації місця інциденту;
- ✓ забезпечення підтримки заходів радіаційного захисту персоналу реагування, включаючи індивідуальний дозиметричний контроль;
- ✓ оцінка дози випромінювання, отриманої персоналом реагування та/чи населенням;
- ✓ забезпечення консультацій експертів щодо накладання арешту на виявлений радіоактивний матеріал;
- ✓ ведення обліку приладів дозиметричного контролю та засобів індивідуального захисту.

До ключових осіб з реагування на інцидент відноситься також співробітник правоохоронних органів, відповідальний за розслідування інциденту, роль якого полягає у взятті на себе відповідальності за всі слідчі дії і процеси, пов'язані з інцидентом. Це включає розслідування підтверджених інцидентів, в яких ненавмисне переміщення чи незаконний обіг радіоактивних матеріалів були розкриті, а також інциденти, в яких наявність таких матеріалів передбачається, але місце знаходження радіоактивних матеріалів невідоме.

Головні завдання співробітника, відповідального за розслідування інциденту, зводяться до того, щоб:

- ✓ визначити місце знаходження радіоактивних матеріалів;
- ✓ поставити радіоактивні матеріали під контроль;
- ✓ встановити коло осіб, причетних до ненавмисного переміщення чи незаконного обігу радіоактивних матеріалів;
- ✓ провести затримання підозрюваних осіб.



До спеціальних обов'язків співробітника відповідального за розслідування інциденту відноситься:

- ✓ забезпечення наявності приміщення для проведення розслідування;
- ✓ опитування свідків і збір доказів;
- ✓ фіксування деталей місця інциденту (шляхом фотографування, відеозапису, зарисовки);
- ✓ здійснення процедур, застосованих на місці злочину, приділяючи належну увагу радіологічним небезпекам;
- ✓ взяття на себе відповідальності за затриманих осіб;
- ✓ підготовка звітів про хід розслідування, запитів на отримання інформації, опис первинних відомостей про час і причини смерті людини (людей) на місці інциденту.

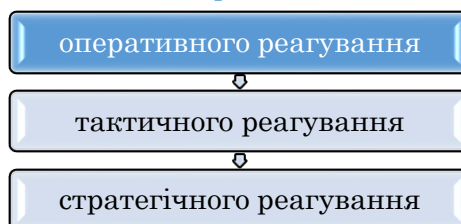
Ознайомившись з ролями, завданнями й спеціальними обов'язками ключових осіб з персоналу реагування під час інциденту, зосередимо увагу на управлінні операціями під час інциденту.

Почнемо зі структури управління операціями під час радіаційного інциденту. Усі військові підрозділи, правоохоронні організації та служби, аварійні служби мають свою внутрішню структуру управління під час інцидентів.



Тому

не варто встановлювати іншу структуру управління тільки для оперативного чи тактичного реагування на випадок виявлення ненавмисного переміщення чи незаконного обігу радіоактивних матеріалів. Відомо, що реагування на інцидент, пов'язаний з виявленням радіоактивного матеріалу в незаконному обігу, може здійснюватися на рівні:



У подальшому ми будемо описувати оперативне й тактичне реагування з наданням більшої уваги тактичному реагуванню.

На рис. 11.3 приведена структура управління тактичним реагуванням, пов'язаним з виявленням радіоактивного матеріалу в незаконному обігу.

Не варто думати, що це ідеальна структура тактичного реагування, але вона дає загальний підхід до створення структури тактичного реагування в конкретному випадку.

Введення в дію планів тактичного реагування, зазвичай, призводить до задіяння трьох ключових керівних одиниць:

- керівника операціями під час інциденту;
- консультанта з оцінки радіологічної обстановки;
- співробітника правоохоронних органів, відповідального за розслідування інциденту.

З моменту оповіщення про виникнення інциденту, доки структура тактичного реагування не розгорнута, зокрема до прибуття на місце інциденту керівника операціями під час інциденту, управління може здійснювати вища за посадою особа, що є на місці інциденту, наприклад, головний лікар лікарні, якщо інцидент стався на території чи в будинку лікарні.

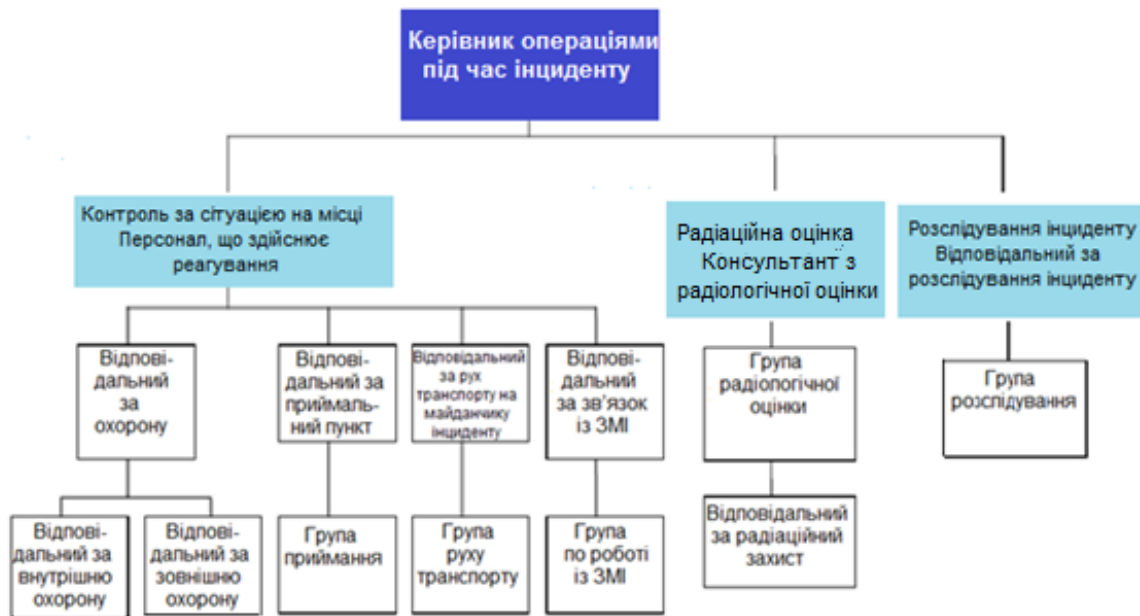


Рис. 11.3. Приклад структури управління тактичним реагуванням

Для координації управління польовим персоналом тактичного реагування створюється центр управління операціями під час інциденту, який також виконує функції зв'язку для всіх організацій, що беруть участь у тактичному реагуванні.

Центр управління операціями під час інциденту може бути розгорнутий у певній будівлі, що знаходиться поблизу місця інциденту чи в транспортному засобі, наприклад, автобусі. При виборі майданчика для розміщення центру реагування варто враховувати наступні критерії:

- радіаційна безпека** – центр управління повинен бути розташований так, щоб бути якомога далі від джерела зовнішнього опромінення;
- можливість доступу** – центр має розташовуватися поруч з під'їзними дорогами до місця інциденту, біля центру має бути місце для транспортних засобів сил учасників реагування;
- належна розмітка** – центр управління має мати чітку розмітку території чи будівлі щодо розміщення функціональних груп сил реагування та відповідні покажчики;
- забезпечення безпеки й охорони** – необхідно забезпечити безпеку й охорону центру управління операціями від будь-якої злочинної діяльності, а також доступ тільки акредитованих у центрі осіб.

Має бути забезпечений належний зв'язок із силами реагування та вищим керівництвом. Зв'язок може бути вразливим, якщо не застосовувати кодування/шифрування.

Доцільно, якщо це можливо, конфігурація і розмір центру управління операціями під час інциденту мають бути такими, щоб розмістити представників усіх реагуючих відомств, що сприятиме роботі центру.

Первинна функція центру – це забезпечення приміщень і засобів для того, щоб керівник операціями під час інциденту міг ефективно управляти й координувати реагування на місці інциденту. Центр також має забезпечити:

- ✓ зв'язок між підрозділами реагування, що діють на місці інциденту;

- ✓ оцінку радіологічного стану й інших проблем, пов'язаних з безпекою;
- ✓ здійснення заходів із захисту здоров'я персоналу з реагування;
- ✓ відповідні поведіння з потерпілими й надання їм допомоги;
- ✓ затримання будь-яких підозрілих осіб;
- ✓ реєстрацію детальних відомостей про персонал з реагування, фіксацію даних про основні дії та рішення;
- ✓ контроль за зонами охорони;
- ✓ управління рухом і переміщенням транспортних засобів.

Що стосується загальної безпеки, то наявність випромінювання чи забруднення радіоактивними матеріалами місця інциденту не повинна бути причиною зниження вимог до забезпечення загальної безпеки.

Принципове значення під час реагування має створення на місці інциденту зон, що охороняються.

Якщо є радіаційна небезпека, необхідно встановити внутрішню зону охорони навколо радіоактивного джерела й евакуювати весь персонал із зони внутрішньої охорони. Периметр внутрішньої зони охорони має бути встановлений на тому місці, де рівень потужності дози випромінювання не перевищує 0,1 мЗв/год. Якщо в повітрі є радіоактивні аерозолі, то потрібно вжити додаткових заходів (наприклад, респиратори чи захисні костюми).

З точки зору безпеки периметр зони зовнішньої охорони може також бути периметром робочої зони для польового персоналу реагування. Розмір території зони зовнішньої охорони залежить від конкретних обставин, але він (розмір) повинен забезпечити достатню територію для ефективних дій польового персоналу реагування. На рис. 11.4 наведені внутрішні та зовнішні зони охорони, загальна компоновка об'єктів і засобів на місці інциденту.

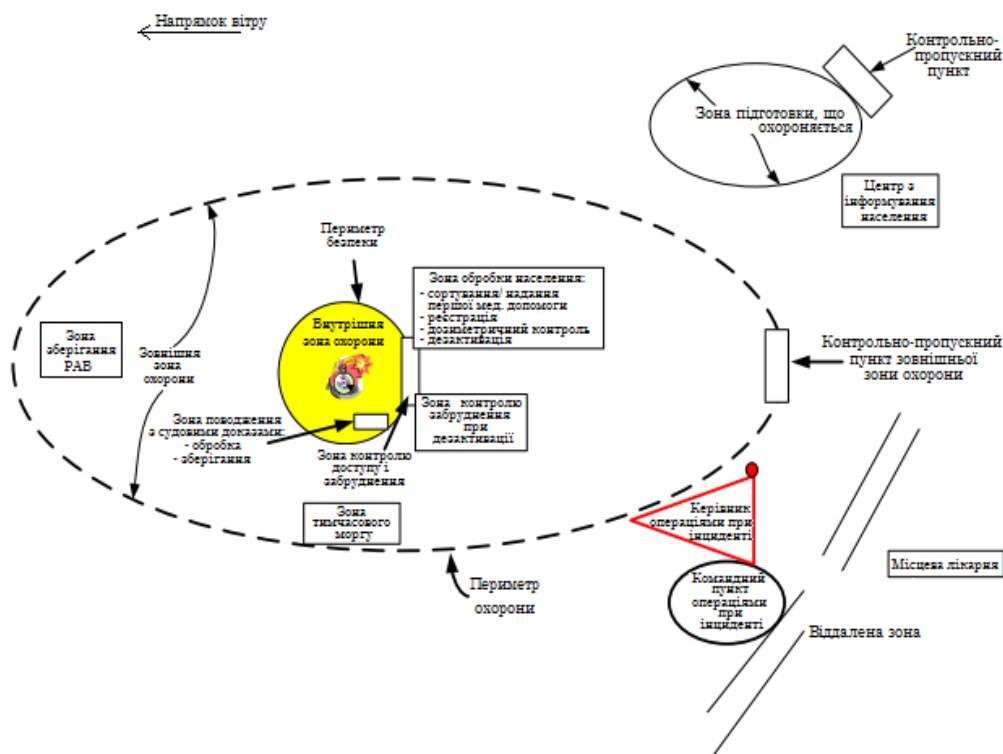


Рис. 11.4. Зовнішня та внутрішня зони охорони, загальна компоновка об'єктів і засобів на місці інциденту



У таблиці 11.1 даються рекомендації щодо вибору радіусу внутрішньої зони охорони (периметра безпеки) для радіаційної аварійної ситуації, а в таблиці 10.2 – опис рекомендованих аварійних засобів і спеціальних зон, створюваних у разі радіаційної аварійної ситуації.

Таблиця 11.1. Рекомендований радіус внутрішньої зони охорони (периметр безпеки) для радіаційної аварійної ситуації

Ситуація	Початкова внутрішня зони охорони (периметр безпеки)
<b>Початкове визначення – поза приміщеннями</b>	
Неекрановане чи пошкоджене небезпечне джерело	30 метрів навколо джерела
Великий витік з потенційно небезпечного джерела	100 метрів навколо джерела
Пожежа, вибух чи задимлення при наявності потенційно небезпечного джерела	400 метрів чи більше для забезпечення захисту від впливу
<b>Початкове визначення – всередині будинку</b>	
Пошкодження, руйнування біологічного захисту при наявності потенційно небезпечного джерела	Зони, що зазнали руйнування та суміжні зони, включаючи поверхом вище й поверхом нижче
Пожежа чи інші події при наявності потенційно небезпечного джерела, під час якої можливе розповсюдження матеріалів (радіоактивних) по будинку (наприклад, через вентиляційну систему)	Увесь будинок і відповідна зона (див. вище) навколо будинку
<b>Розширення зони охорони на основі даних дозиметричного контролю</b>	
Потужність дози 100 мЗв/год	Межа там, де встановлені такі рівні

*Примітка: потужність амбієнтної дози вимірюється на висоті 1 метр від поверхні ґрунту чи на відстані 1 м від об'єкта.*

Таблиця 11.2. Опис рекомендованих аварійних засобів і зон, створюваних у разі радіологічної аварійної ситуації

Засіб / об'єкт	Опис / функції	Характеристики
Командний пункт управління операціями під час інциденту (КПУІ)	Місце розташування керівника операціями під час інциденту (КОІ)	Зона, в якій забезпечена охорона, безпека й зручність керівництва операціями
Зона роботи із судовими доказами	Об'єкт, що складається із центру з оброблення судових доказів (місце оброблення, що контролюється, реєстрації, вивчення та фотографування предметів і доказів з місця події) і зони зберігання доказів, зібраних на місці події, і збереженості неперервності й цільності доказів	Розташована в межах внутрішньої зони охорони, поруч із зоною доступу й контролю забруднення
Центр з інформування населення (ЦІН)	Місце, де здійснюється координація всієї офіційної	Розташований у безпечній зоні поблизу від місця аварійної ситуації, поруч з

	інформації про аварійну ситуацію, що надається ЗМІ	КПУІ; передбачені приміщення та інфраструктура для підтримки проведення брифінгів для ЗМІ
Зона обробки населення	Об'єкт, що складається із зони сортування первинної допомоги, зони реєстрації, зони дозиметричного контролю / дезактивації населення. На цьому об'єкті виконуються наступні завдання: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ обробка й реєстрація населення, евакуйованого з внутрішньої зони охорони;</li> <li>✓ медичне сортування, надання першої допомоги й підготовка потерпілих до транспортування, дозиметричний контроль і дезактивація населення, евакуйованого з внутрішньої зони охорони</li> </ul>	Розташована в межах зовнішньої зони охорони з доступом для медичного транспорту. Потужність амбієнтної дози в зоні повинна знаходитися на рівнях близьких до фонових
Місцева лікарня	Лікарня, в якій здійснюється первинне лікування опромінених і/чи забруднених людей	Розташована поблизу місця розвитку аварійної ситуації, і до неї звертаються з проханням підготуватися до прийому опромінених і/чи забруднених людей
Зона контролю забруднення під час реагування	Місце контролю забруднення, що виникає внаслідок входу персоналу, здійснюючого реагування, у внутрішню зону охорони й виходу з неї	Розташована на межі внутрішньої зони охорони й віддалена від зони обробки населення
Зона підготовки	Місце збору й організації додаткових ресурсів у міру їх надходження в район аварійної ситуації	Розташовується там, де не будуть створюватися перешкоди іншим виконуваним заходам реагування; зона перевірена й охороняється
Зона тимчасового моргу	Місце достойного зберігання загиблих, чий тіла можуть бути забруднені чи ще необхідні групі з роботи із судовими доказами	Може розташовуватися в наметі чи на існуючому об'єкті, який визначений у межах зовнішньої зони охорони, і в непомітному місці
Зона зберігання відходів	Місце зберігання потенційно забруднених предметів (наприклад, одягу)	Розташована в межах зовнішньої зони охорони й знаходиться, зазвичай, у будівлі з метою попередження поширення забруднення (наприклад, унаслідок дії вітру чи дощу)



внутрішньої охорони будь-яка особа може потрапити тільки з дозволу керівника операціями під час інциденту й має супроводжуватися відповідальним за радіаційний захист з групи консультанта з оцінки радіологічної обстановки.

Максимальний час, протягом якого окремим особам з персоналу реагування дозволяється знаходитися у внутрішній зоні охорони, повинен ретельно контролюватися, має фіксуватися кожний конкретний вхід і вихід кожної особи в зону/із зони.

Усі особи, які знаходяться у внутрішній зоні охорони, мають бути перевірені на обов'язковість їх там перебування, якщо знаходяться їм там необов'язково, вони повинні бути виведені із зони. Всі особи, які покидають зону внутрішньої охорони мають бути перевірені на радіоактивне забруднення і, у разі потреби, пройти дезактивацію.

Серйозною проблемою для керівника операціями на місці інциденту є робота із ЗМІ. Представники ЗМІ в гонитві за сенсацією швидко прибувають на місце інциденту й, як ми бачимо кожен день на ТБ, можуть вести прямий репортаж з місця інциденту ще до того, як буде повністю розгорнута операція з реагування.



Важливо налагодити нормальні контакти із ЗМІ, але при цьому в жодному разі не допускати представників ЗМІ в зони охорони.

Бажано організувати спеціальний пункт для прийому журналістів і час від часу організовувати для них брифінги щодо ходу операції з реагування. Керівник операціями під час інциденту повинен призначити відповідальну особу для роботи із ЗМІ.

Час від часу трапляються інциденти при яких відбувається опромінення чи радіоактивне забруднення окремих осіб, включаючи злочинців. У такому випадку потрібно негайно почати працювати з потерпілими. У разі загрози для життя потерпілих потрібно здійснити наведені нижче заходи:

- ✓ перевірити важливі ознаки стану здоров'я (свідомість, дихання, пульс);
- ✓ застосувати методи реанімації (у разі потреби);
- ✓ призупинити подальше опромінення потерпілого, наприклад, шляхом віддалення потерпілого від джерела опромінення чи віддалення джерела від нього;
- ✓ зняти забруднений одяг з потерпілого, якщо це не буде впливати на стан останнього;
- ✓ якщо одяг не можна зняти, то належить вжити заходів зі зменшення забруднення санітарної машини, в якій перевозитимуть потерпілого;
- ✓ забезпечити транспортування потерпілого до лікувального закладу й попередити цей заклад про забруднення потерпілого.

Увесь персонал, який працював з потерпілим, повинен пройти перевірку на забруднення та в разі потреби – дезактивацію.

Варто наголосити, що затримання підозрюваних осіб може створювати додаткові труднощі, якщо є радіоактивне забруднення місця інциденту. У такому разі до затримуваного варто відноситися як до відкритого джерела іонізуючого випромінювання.

Співробітники, що затримували забрудненого підозрюваного, також можуть стати забрудненими, тому всі, хто мав відношення до затримання підозрюваного, мають бути перевірені на забруднення і, у разі потреби, бути направлені на дезактивацію.

Неправильно здійснена дезактивація може призвести до ще більшого забруднення території інциденту й осіб з персоналу реагування.

Наступним важливим кроком під час здійснення тактичного реагування є ідентифікація радіоактивних матеріалів, виявлених на місці інциденту. Усіма роботами з ідентифікації радіоактивного матеріалу має керувати консультант з оцінки радіологічної обстановки. Ідентифікація матеріалу дає можливість керівнику операціями під час інциденту отримати інформацію для управління реагуванням до накладання арешту на виявлений радіоактивний матеріал.

Іноді для ідентифікації необхідно всього декілька хвилин, іноді декілька годин. Ідентифікація полягає в отриманні гамма-спектра випромінювання виявленого матеріалу. Потім спектр порівнюється з довідковими даними (автоматично чи вручну) і робиться висновок про радіоізотопний склад виявленого радіоактивного матеріалу. Але в деяких випадках зразки виявленого матеріалу приходиться відправляти до спеціалізованих вимірвальних лабораторій.

Після ідентифікації та встановлення, що матеріал є ядерним матеріалом, керівник операціями під час інциденту приймає рішення про інформування відповідного компетентного органу до вжиття подальших заходів. Після ідентифікації радіоактивного матеріалу розглядається питання накладання арешту на виявлений радіоактивний матеріал.

Накладання арешту на радіоактивний матеріал у разі тактичного реагування здійснюється тільки за рішенням співробітника правоохоронних органів, відповідального за розслідування інциденту, але під контролем консультанта з оцінки радіологічної обстановки. При цьому варто мати на увазі дані міркування.

Арешт й остаточне захоронення нелокалізованих чи неекранованих матеріалів, чи матеріалів, які не були закриті й упаковані відповідним чином, можуть вимагати застосування суттєвих ресурсів протягом даного часу, щоб мінімізувати небезпеку для здоров'я та забезпечити виключення непотрібного опромінення чи радіоактивного забруднення персоналу реагування на місці інциденту.





Радіоактивні матеріали, що знаходяться у вигляді порошку чи рідини, розсіпані чи розлиті, створюють серйозні проблеми при накладанні на них арешту, оскільки вони можуть призвести до радіоактивного забруднення місця інциденту й персоналу з реагування.

Топографія місця інциденту є критично важливим чинником для визначення найбільш ефективних засобів накладання арешту на радіоактивні матеріали й взяття їх під контроль.

До накладання арешту на радіоактивний матеріал керівник операціями під час інциденту повинен порадитися з консультантом з оцінки радіологічної обстановки з метою використання всіх засобів захисту населення, персоналу з реагування та довкілля, наприклад, щодо уточнення інформації про:

- ✓ ідентичність, кількість і фізичні властивості радіоактивного матеріалу;
- ✓ фізичний стан радіоактивного матеріалу;
- ✓ наявність ресурсів для забезпечення того, щоб матеріали були упаковані, транспортувалися та зберігалися відповідно до норм безпеки МАГАТЕ;
- ✓ ресурси, необхідні для вжиття заходів щодо розсіпаних чи розлитих радіоактивних матеріалів;
- ✓ чи вимагається і чи можливе термінове видалення матеріалів (упаковок з матеріалами).

Консультант з оцінки радіологічної обстановки повинен забезпечити, щоб накладання арешту на радіоактивний матеріал відбувалося безпечно. Якщо необхідно здійснити негайний арешт, то консультант з оцінки радіологічної обстановки може розглянути питання можливості створення зони тимчасового зберігання в безпосередній близькості від місця інциденту доти, доки не стане можливим перемістити матеріал на більш довгострокове зберігання чи захоронення.

Створення умов для тимчасового зберігання залежить від наявності обладнання, що забезпечить безпеку арештованого матеріалу. Водночас, своєчасне видалення матеріалу з місця інциденту може бути вкрай необхідним, наприклад, інцидент стався в аеропорту.

У всіх випадках оперативного чи тактичного реагування у разі виявлення ненавмисного переміщення чи незаконного обігу радіоактивного матеріалу необхідно здійснювати розслідування обставин інциденту.

Варто підкреслити, що при затриманні підозрюваних консультант з оцінки радіологічної обстановки займається питаннями, пов'язаними зі здоров'ям підозрюваних, а відповідальний за розслідування визначає, хто має бути затриманим, здійснює допити затриманих і свідків відповідно до законодавства. Отримана під час допитів інформація може бути корисною для випереджаючого реагування.

І нарешті, співробітник, відповідальний за розслідування інциденту, забезпечує проведення збору доказів без порушення ланцюга доказів. Відповідальність за можливе зберігання зібраних радіоактивних матеріалів повинна бути покладена на відповідний компетентний орган.





## 12. КОНЦЕПЦІЯ ДІЙ У РАЗІ РАДІАЦІЙНОЇ/ЯДЕРНОЇ АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ В УКРАЇНІ.

Після виявлення радіоактивних матеріалів, що ненавмисно переміщені чи є в незаконному обігу, буде здійснюватися реагування на місці виявлення з метою:

- ✓ мінімізувати будь-які потенційні небезпеки для здоров'я людей та стану навколишнього середовища;
- ✓ відновити контроль над радіоактивним матеріалом чи поставити матеріал під регулюючий контроль, якщо він раніше не перебував під таким контролем;
- ✓ провести розслідування, зібрати докази й здійснити судове переслідування.

*Примітка: **реагування (response)*** – усі дії держави, що місять заходи з оцінки й реагування в разі події, пов'язаної з фізичною ядерною безпекою.

Видання №15 Серії видань МАГАТЕ з фізичної ядерної безпеки містить спеціальний розділ «Рекомендації щодо заходів реагування». Державі на підставі діючого законодавства рекомендується розробити національну систему реагування для забезпечення реагування на злочинні дії чи несанкціоновані дії з наслідками для фізичної ядерної безпеки, пов'язані з ядерними чи іншими радіоактивними матеріалами, що знаходяться поза регулюючим контролем.

*Примітка: **система реагування (response system)*** – комплекс заходів з реагування, включно з потенціалом і ресурсами, необхідними для оцінки тривожних сигналів/попереджень і реагування в разі події, пов'язаної з фізичною ядерною безпекою; ***захід з реагування (response measure)*** – захід, що має своєю метою оцінку тривожного сигналу/попередження і реагування в разі події, пов'язаної з фізичною ядерною безпекою.

Саме реагування розподіляють на два етапи:

**перший етап реагування** – це етап оцінки, яка є продовженням первинної оцінки тривожного сигналу приладу чи інформаційного попередження, якщо первинна оцінка дала непереконаливі результати. Результатом процесу оцінки буде висновок, підтверджуючий, що подія, пов'язана з фізичною ядерною безпекою відбулася, якщо тривожний сигнал чи попередження не визнані фальшивими чи немаючими значення;

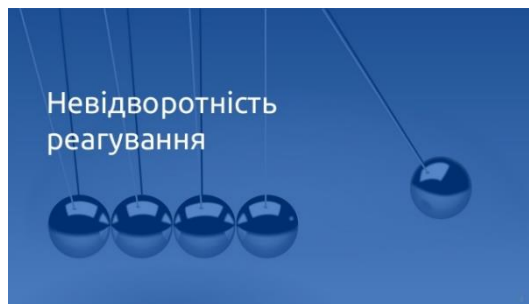
**другий етап реагування** – це управління подією, пов'язаною з фізичною ядерною безпекою, за допомогою здійснення національного плану реагування.

Державі варто забезпечити, щоб обов'язки зі здійснення різних заходів з реагування покладалися на відповідні компетентні органи разом з достатніми ресурсами для ефективного виконання цих обов'язків.

*Примітка: **компетентний орган (competent authority)*** – організація чи установа, призначена урядом держави для виконання одної чи декількох функцій у сфері забезпечення фізичної ядерної безпеки.

Видання №15 наголошує, що в разі події, пов'язаної з фізичною ядерною безпекою, відповідальним компетентним органом варто доповнювати й підтримувати пов'язану із забезпечення безпеки діяльність з аварійного реагування на міжнародному, державному, регіональному й місцевому рівнях для того, щоб пом'якшити й звести до мінімуму радіаційні наслідки для здоров'я людини й довкілля. Підкреслюється, що координація діяльності компетентних органів має особливо важливе значення для ефективного реагування на місці події.

Компетентні органи мають визначити функції та обов'язки технічного персоналу, призначених експертів і допоміжних організацій, які можуть брати участь у прийнятті рішення щодо тривожного сигналу приладу у випадку, якщо первинна оцінка не дає переконаливих результатів. Відповідним компетентним органам варто забезпечити



створення процедур і протоколів для прийняття остаточного рішення щодо тривожного сигналу приладу, який повинен підтвердити чи заперечити, що подія, пов'язана з фізичною безпекою, мала місце.

Як тільки оцінка тривожного сигналу приладу чи інформаційного попередження підтверджує, що подія, пов'язана з фізичною ядерною безпекою, мала місце, необхідно здійснювати оповіщення компетентних органів. Щоб розпочати здійснення функції реагування, компетентний орган має повідомити інші відповідні компетентні органи в державі про подію, пов'язану з фізичною ядерною безпекою, застосовуючи диференційований підхід.

До місця, в якому відбулася подія, пов'язана з фізичною ядерною безпекою, у належному випадку варто відноситися як до потенційного місця вчинення злочину. Компетентні органи мають забезпечити координацію діяльності тих, хто бере участь у відновленні контролю над ядерним матеріалом чи іншим радіоактивним матеріалом, займається питаннями забезпечення безпеки й надання допомоги жертвам, а також здійснює збір доказів для можливого наступного розслідування і судового переслідування. Компетентні органи мають забезпечити, щоб особи, які беруть участь у реагуванні, володіли відповідною кваліфікацією та підготовкою і в належних випадках мали уяву про концепцію операцій та про основні принципи організації роботи на місці здійснення злочину, пов'язаного з радіоактивними матеріалами, збір доказів і радіаційний захист. Варто звернути увагу також на те, щоб персонал, який знаходиться на місці злочину, мав уяву про ступінь потенційної зацікавленості засобів масової інформації. Компетентні органи мають планувати належне й своєчасне поширення інформації в ЗМІ, включно з інформацією про ядерну/радіаційну безпеку й фізичну ядерну безпеку.



Ще одна деталь, на яку звертає увагу видання №15, – це ядерна криміналістична експертиза<sup>4</sup>. Наголошується, що державі варто застосовувати методи ядерної криміналістичної експертизи в призначених лабораторіях для аналізу конфіскованих ядерних чи інших радіоактивних матеріалів, використовуючи диференційний підхід, що враховує кількість і характеристики матеріалу, з метою визначення джерела походження, історії та шляхів передачі матеріалу із забезпеченням при цьому збереженості доказів. Якщо це можливо, потрібно визначити категорії матеріалів на місці, а їх

характеристики в призначеній лабораторії. Іноді буває необхідним застосовувати методи традиційної судової експертизи в призначених лабораторіях для аналізу забруднених доказів.

*Примітка:* категоризація виконується з метою визначення наслідків для фізичної ядерної безпеки й ризику, який конфіскований матеріал створює для осіб, які здійснюють перші заходи у відповідь, працівників правоохоронних органів і населення, а характеристика виконується з метою визначення характеристик радіоактивних матеріалів і пов'язаних з ними доказів. Базова характеристика містить повний елементний аналіз ядерних й інших радіоактивних матеріалів, включно з основними, незначними й слідовими складовими. Базова характеристика містить у разі потреби ізотопний і



<sup>4</sup> *Ядерна криміналістична експертиза* – дисципліна судової експертизи, що стосується дослідження ядерного чи іншого радіоактивного матеріалу, чи інших доказів, що є забрудненими радіонуклідами, у контексті судочинства.

фазовий (молекулярний) аналіз. У базову характеристику входить також фізична характеристика.

Для організації роботи в разі подій, пов'язаних з фізичною ядерною безпекою, державі варто мати всеосяжний національний план реагування на події, пов'язані з фізичною ядерною безпекою, разом, зокрема, з національним планом заходів на випадок радіаційних інцидентів. Цей план має слугувати:

- ✓ основою для створення сумісних оперативних засобів, наприклад, сумісних систем зв'язку, потрібних для негайного й ефективного реагування;
- ✓ керівництвом для компетентних органів з метою гарантувати наявність належних ресурсів і підтримки для дій, що потребуються, для забезпечення готовності й реагування.

При розробленні плану держава має забезпечити, щоб план:

- a) містив опис процесу виконання різними компетентними органами покладених на них функцій і обов'язків з реагування на події, пов'язані з фізичною ядерною безпекою, включно із заходами з:
  - ✓ належного оповіщення і залучення до роботи всіх відповідних компетентних органів;
  - ✓ належного оповіщення всіх відповідних міжнародних організацій і держав, які потенційно можуть зазнати впливу;
  - ✓ координації роботи різних організацій і командно-контрольних пунктів у разі події, пов'язаної з фізичною ядерною безпекою, включно із здійснюючими реагування організаціями: центральними, регіональними й місцевими;
  - ✓ визначення місця знаходження, ідентифікації і встановлення категорії ядерних чи інших радіоактивних матеріалів;
  - ✓ арешту й/чи конфіскації, вилучення, повернення під регулюючий контроль матеріалів чи знешкодження будь-якої загрози чи пов'язаного з нею пристрою;
  - ✓ збору, збереження і аналізу доказів;
  - ✓ ізоляції, класифікації, упаковки й документального оформлення будь-яких ядерних чи інших радіоактивних матеріалів з метою перевезення (транспортування), зберігання чи захоронення, а також поміщення під надійний регулюючий контроль;
  - ✓ початку проведення відповідних розслідувань;
- b) передбачав належну командну структуру з інтегрованими системами управління на події, пов'язані з фізичною ядерною безпекою, переважно з єдиним керівником чи компетентним органом, призначеним для управління операціями на місцеві події;
- c) передбачав координацію дій компетентних органів, включно з обміном відповідною інформацією про покладені на них функції, обов'язки й застосовувані процедури;
- d) містив опис установлених для компетентних органів функцій, обов'язків і процедур, що стосуються медичного обслуговування, поводження з небезпечними матеріалами, забезпечення радіаційного захисту й безпеки, а також для інших організацій технічної підтримки й для лабораторій ядерної криміналістичної експертизи й традиційної судової експертизи;
- e) передбачав заходи щодо надання відповідної інформації засобам масової інформації та інформації населення в належних випадках координованим, зрозумілим і послідовним чином;
- f) передбачав перевезення (транспортування) будь-яких конфіскованих чи вилучених ядерних чи інших радіоактивних матеріалів відповідно до національних правил і вимог із забезпечення безпеки й фізичної безпеки при перевезенні чи Правил МАГАТЕ з безпечного перевезення радіоактивних матеріалів у разі відсутності таких національних вимог чи регулюючих правил;

- g) визначав стандартні робочі процедури на місцевому рівні для подій, пов'язаних з фізичною ядерною безпекою. Крім того, у належних випадках у даний план варто інтегрувати всі плани реагування місцевого рівня;
- h) враховував національний план заходів на випадок радіаційних інцидентів, процедури реагування в разі радіаційних інцидентів і відповідні Норми МАГАТЕ з безпеки. Варто забезпечити, щоб план також був скоординований із заходами з реагування на неядерні (нерадіаційні) інциденти;
- i) передбачав можливість багаторазових і таких, що відбуваються одночасно, подій, пов'язаних з фізичною ядерною безпекою. Крім того, варто забезпечити, щоб план передбачав можливість появи збоїв у функціонуванні інфраструктури реагування, що обмежують потенціал ефективного реагування;
- j) передбачав механізм запиту про допомогу, за потреби, як усередині держави, так і на міжнародному рівні, як, наприклад, допомоги у вилученні ядерних й інших радіоактивних матеріалів, знешкодженні пристроїв і проведення ядерної судової експертизи.

Розроблення, погодження та затвердження планів реагування не є кінцем роботи для тих, хто склав план. Затверджений план вимагає здійснення постійних заходів з підтримання його працездатності.

Насамперед, для підтримання дієздатності плану необхідні тренування, які дозволяють досягнути дві цілі:

- ✓ забезпечення ознайомлення кожного, хто повинен виконувати певну роль у рамках структури плану, з його роллю та відповідним розділом плану;
- ✓ перевірка правильності плану й аналіз концепції та стратегії планування з погляду отриманого досвіду.

Державі рекомендується періодично розглядати, відпрацьовувати й переглядати національний план реагування на випадок подій, пов'язаних з фізичною ядерною безпекою, включно з врахуванням відповідного досвіду в належних випадках чи в разі появи змін, здатних вплинути на план, а також варто проводити тренування з відпрацювання плану з використанням достовірних сценаріїв. Компетентним органам варто проводити навчання та тренування на регулярній основі з метою оцінки ефективності плану. Державі варто передбачати участь, за змогою, у регіональних і міжнародних навчаннях і тренуваннях.

Відповідний компетентний орган має забезпечити введення в дію національного плану реагування із застосуванням диференційованого підходу в разі, коли підтверджено, що подія, пов'язана з фізичною ядерною безпекою, мала місце.

Україна відповідно до свої міжнародних зобов'язань і рекомендацій МАГАТЕ на законодавчому рівні розробила державний план реагування на події соціально-політичного характеру, який носить назву «[Державний план взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади на випадок вчинення диверсій щодо ядерних установок, ядерних матеріалів, інших джерел іонізуючого випромінювання в процесі їх використання, зберігання чи перевезення, а також щодо радіоактивних відходів у процесі поводження з ними](#)» (затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №598) (далі – Державний план взаємодії).

Державний план взаємодії визначає основні правові й організаційні засади взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади за участю Національної академії наук й органів СБУ в межах функцій та повноважень, визначених Законом України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» й іншими актами законодавства, у рамках функціонування державної системи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання.

Державний план взаємодії спрямований на:



- ✓ забезпечення на державному рівні успішної протидії будь-яким спробам правопорушників, характеристики яких визначені в проектній загрозі<sup>5</sup>, вчинити диверсії щодо ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання, об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами;
- ✓ забезпечення готовності центральних і місцевих органів виконавчої влади за участю Національної академії наук й органів СБУ, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання та реагування в разі вчинення диверсій.

Учасниками державного плану взаємодії є визначені статтею 5<sup>2</sup> Закону України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» суб'єкти державної системи фізичного захисту, що здійснюють заходи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, інших джерел іонізуючого випромінювання в процесі їх використання, зберігання чи перевезення, а також щодо радіоактивних відходів у процесі поводження з ними, відповідно до повноважень, покладених на них законодавством, а саме:

- ✓ Держатомрегулювання;
- ✓ відповідні підрозділи Центрального управління та регіональних органів СБУ;
- ✓ військові частини (підрозділи) Національної гвардії з охорони важливих державних об'єктів, що здійснюють охорону ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання державної власності;
- ✓ орган охорони державного кордону Адміністрації Держприкордонслужби, у зоні відповідальності якого перебуває транспортний засіб з радіоактивними матеріалами під час їх перевезення;
- ✓ центральні органи виконавчої влади, які здійснюють державне управління у сфері фізичного захисту, і Національна академія наук:
  - відповідні підрозділи центрального апарату Міненерговугілля (Міненерго), а також підприємств, установ й організацій, що належать до сфери управління Міністерства;
  - структурні підрозділи ДАЗВ, а також підприємства, установи й організації, що належать до сфери його управління, відповідальні за організацію створення та функціонування систем фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання;
  - структурні підрозділи Національної академії наук, відповідальні за організацію створення й функціонування систем фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання;
- ✓ місцеві органи виконавчої влади;
- ✓ Міноборони:
  - чергові сили з протиповітряної оборони Збройних Сил;
  - визначені сили й засоби Збройних Сил, які залучаються до ліквідації надзвичайних ситуацій згідно із законодавством;
- ✓ органи управління та підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС, які перебувають у постійній готовності до виконання завдань за призначенням й оснащені необхідною аварійно-рятувальною технікою та обладнанням;
- ✓ ліцензіат.

До складу сил і засобів учасників державного плану взаємодії входять:

---

<sup>5</sup> Проектна загроза – властивості й характеристики потенційних правопорушників, дії яких можуть бути спрямовані на вчинення диверсії, крадіжки чи будь-яке інше неправомірне вилучення радіоактивних матеріалів, для протидії яким створюється система фізичного захисту.



- ✓ персонал визначених структурних підрозділів учасників плану взаємодії, військові, спеціальні й спеціалізовані підрозділи з їх озброєнням, спеціальними засобами, оснащенням, транспортними засобами й засобами зв'язку;
- ✓ інформаційні бази центральних і місцевих органів виконавчої влади, Національної академії наук й органів СБУ, що використовуються в рамках функціонування державної системи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання.

Державний план взаємодії визначає повноваження учасників, зокрема:

#### Держатомрегулювання:

- ✓ бере участь у проведенні оцінки загрози вчинення диверсії;
- ✓ розробляє норми, правила з фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання;
- ✓ погоджує об'єктові плани взаємодії у разі вчинення диверсії.

#### МВС (Національна гвардія, Національна поліція):

- ✓ забезпечує охорону й оборону ядерних установок, ядерних матеріалів, спеціальних вантажів, зокрема ядерного палива, під час перевезення територією України згідно із законодавством;
- ✓ забезпечує охорону громадського порядку, боротьбу зі злочинністю, безпеку дорожнього руху, охорону матеріальних і культурних цінностей у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- ✓ надає допомогу органам виконавчої влади в процесі відселення людей з місць, небезпечних для проживання;
- ✓ забезпечує охорону зон виконання аварійно-рятувальних робіт в осередках радіоактивного забруднення.

#### Служба безпеки України:

- ✓ інформує в установленому порядку інших учасників плану взаємодії про передумови й характер можливого випадку вчинення диверсії;
- ✓ виявляє наміри й конкретні дії злочинних формувань, груп й окремих осіб стосовно вчинення диверсій щодо ядерних установок, ядерних матеріалів, інших джерел іонізуючого випромінювання в процесі їх використання, зберігання чи перевезення, а також щодо радіоактивних відходів у процесі поводження з ними;
- ✓ бере участь у розслідуванні причин виникнення надзвичайних ситуацій з метою виявлення ознак диверсії;
- ✓ здійснює в межах своїх повноважень заходи, спрямовані на забезпечення безпеки в умовах вчинення диверсії.

#### Міненерговугілля (Міненерго):

- ✓ бере участь у проведенні оцінки загрози вчинення диверсії, крадіжки чи будь-якого іншого протиправного вилучення радіоактивних матеріалів й у визначенні проектної загрози;
- ✓ організовує проведення перевірок дієздатності об'єктових планів взаємодії;

- ✓ організовує та здійснює заходи щодо запобігання та реагування на надзвичайні ситуації в разі вчинення диверсії на об'єктах, що належать до сфери управління Міністерства;
- ✓ забезпечує участь сил і засобів підпорядкованих аварійно-рятувальних формувань, які включені до плану взаємодії, у проведенні аварійно-, пошуково-рятувальних й інших невідкладних робіт у разі вчинення диверсії.

#### ДАЗВ:

- ✓ організує та здійснює заходи щодо запобігання та реагування на надзвичайні ситуації в разі вчинення диверсій на об'єктах, що належать до сфери його управління;
- ✓ забезпечує участь сил і засобів підпорядкованих аварійно-рятувальних формувань, які включені до плану взаємодії, у виконанні аварійних, пошуково-рятувальних й інших невідкладних робіт у разі вчинення диверсії.

#### Національна академія наук:

- ✓ організує та здійснює заходи щодо запобігання та реагування на надзвичайну ситуацію в разі вчинення диверсії на об'єктах, які перебувають в її віданні;
- ✓ забезпечує участь сил і засобів підпорядкованих аварійно-рятувальних формувань, які включені до плану взаємодії, у виконанні аварійно-, пошуково-рятувальних й інших невідкладних робіт у разі вчинення диверсії чи загрози її вчинення;
- ✓ здійснює науковий супровід заходів із запобігання диверсіям і реагування в разі їх вчинення.

#### ДСНС:

- ✓ здійснює безпосереднє керівництво діяльністю єдиної державної системи цивільного захисту й забезпечує реалізацію державної політики у сферах захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації надзвичайних ситуацій;
- ✓ організовує та координує здійснення заходів у сфері радіаційного захисту, координує та контролює здійснення заходів щодо захисту населення і територій у разі виникнення радіаційних аварій.

#### Міноборони:

- ✓ забезпечує протиповітряну оборону ядерних установок, ядерних матеріалів, спеціальних вантажів у загальній системі протиповітряної оборони держави.

### Адміністрація Держприкордонслужби:

- ✓ здійснює боротьбу з тероризмом шляхом запобігання, виявлення та припинення спроб перетинання терористами державного кордону, незаконного переміщення через державний кордон зброї, вибухових, отруйних, радіоактивних речовин;
- ✓ здійснює заходи щодо первинного обстеження виявленого підозрюваного матеріалу/об'єкта й попереднього встановлення меж контрольованої зони під час здійснення прикордонного контролю в місцевих пунктах пропуску через державний кордон чи під час затримання осіб, транспортних засобів і вантажів, які намагалися незаконно перетнути державний кордон поза пунктами пропуску;
- ✓ вживає заходів до забезпечення охорони місця виявлення підозрюваного матеріалу/об'єкта, а також охорони й супроводження такого матеріалу/об'єкта під час транспортування до місця тимчасового зберігання (під час незаконного перетинання державного кордону поза пунктами пропуску через державний кордон).

### Місцевий орган виконавчої влади:

- ✓ організує розроблення та затверджує територіальні (регіональні) плани взаємодії всіх утворених відповідно до законів України озброєних формувань, що перебувають на їх території, які можуть бути використані в разі вчинення диверсії;
- ✓ організує проведення радіаційного обстеження території навколо місць розміщення ядерних установок й об'єктів, призначених для поводження з радіоактивними відходами;
- ✓ інформує населення про стан радіаційної ситуації в районі розміщення об'єкта в разі вчинення диверсії;
- ✓ організує роботу з ліквідації наслідків радіаційних аварій;
- ✓ забезпечує готовність до евакуації населення та в разі потреби її здійснення.

### Ліцензіат:

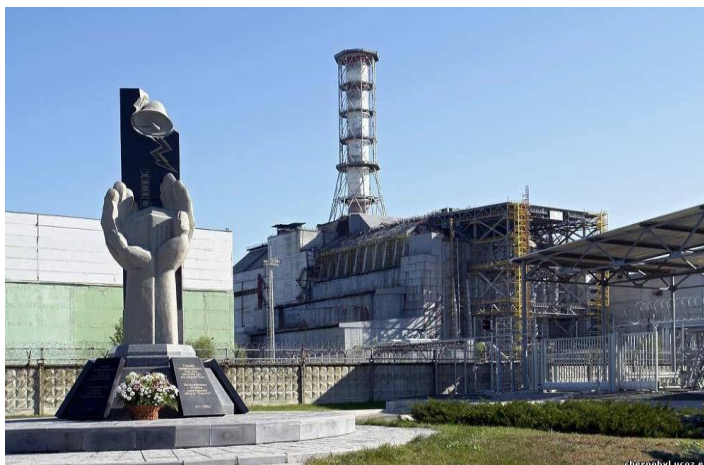
- ✓ забезпечує виконання заходів, передбачених об'єктовим планом взаємодії у разі вчинення диверсії;
- ✓ інформує про стан радіаційної ситуації відповідні органи й організації в установленому порядку;
- ✓ забезпечує здійснення заходів щодо захисту персоналу й населення в разі вчинення диверсії на ядерній установці чи в процесі використання джерел іонізуючого випромінювання;
- ✓ перевіряє дієздатність об'єктового плану взаємодії у разі вчинення диверсії шляхом проведення командно-штабних, оперативно-тактичних й інших видів навчань учасників зазначеного плану
- ✓ .

Державний план взаємодії визначає порядок взаємодії учасників Плану в нормальних умовах і в умовах загрози вчинення чи вчинення диверсії.

Учасники державного плану взаємодії підтримують між собою зв'язок і здійснюють обмін інформацією про наявні й потенційні загрози вчинення диверсій у обсягах, що дають їм можливість приймати рішення щодо вжиття відповідних заходів для успішної протидії таким загрозам.

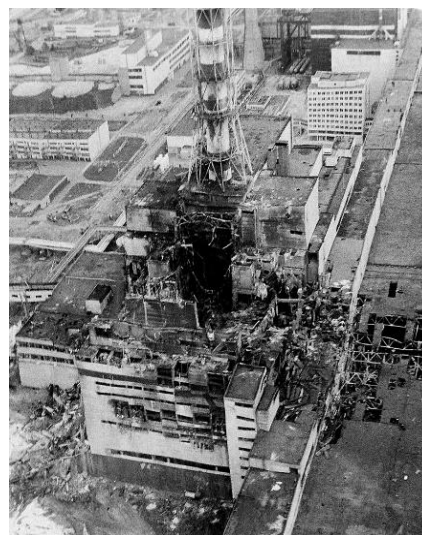
## 13.УПРАВЛІННЯ НАСЛІДКАМИ

Атомна енергетика України бере свій початок з 1977 року, коли було введено в експлуатацію перший енергоблок Чорнобильської АЕС. Відповідно до планів розвитку атомної енергетики в колишньому Радянському Союзі на території України мало бути споруджено 9 атомних електростанцій. За період з 1977 по 1989 рік планувалося ввести в експлуатацію 16 енергоблоків загальною потужністю 14800 МВт на 5 атомних станціях: Запорізькій, Рівненській, Хмельницькій, Чорнобильській, Южно-Українській.



Незважаючи на те, що ядерна енергія реально забезпечує людині безвуглеродну енергію за розумними цінами, вона ж являє і свою небезпечну сторону у вигляді радіаційного випромінювання, забруднення місцевості, опромінення населення.

Аварія на ядерному об'єкті в Чорнобилі усіма експертами визнана як найбільш масштабніша катастрофа в історії атомної енергетики. Це – єдина аварія на ядерному об'єкті, яка була класифікована Міжнародним агентством з атомної енергії як найгірша з аварій, що може бути. Найбільша техногенна катастрофа сталася 26 квітня 1986 року на 4-му блоці Чорнобильської атомної електростанції. Руйнування мало вибуховий характер, реактор був повністю зруйнований, і в навколишнє середовище було викинуто велику кількість радіоактивних речовин. Радіоактивна хмара від аварії пройшла над європейською частиною СРСР, Східною Європою і Скандинавією. Станція назавжди припинила свою роботу лише 15 грудня 2000 року.



Радіаційне забруднення території внаслідок аварії на ЧАЕС відрізняло безсистемністю і носило «плямистий» характер забруднення.

Розміри радіоактивних «плям» на місцевості коливались від декількох десятків квадратних метрів до декількох гектарів. Вельми широкий діапазон рівнів радіації: від декількох мілірентген до рентген на годину. Непрогнозована динаміка зміни потужності дози. Все це значно ускладнювало ведення радіаційної розвідки і спостереження, виключало можливість прогнозування радіаційної обстановки на місцевості. Ризик від зовнішнього опромінення при незначному перевищенні фонового рівня радіації на радіаційно забрудненій місцевості є невеликим для особового складу, проте потрапляння всередину організму особливо небезпечних для людини радіоактивних ізотопів може призвести до важких наслідків. Надходження радіоактивних речовин всередину організму можливо з повітрям, їжею та водою.





Найбільшу небезпеку при аваріях на АЕС представляє ситуація, коли, руйнується система радіаційного захисту реактора, але сам реактор продовжує функціонувати. Потужність гамма-випромінювання в цьому випадку настільки велика, що для отримання абсолютно смертельної дози достатньо кілька хвилин перебування під його впливом.

Найбільш характерною негативною властивістю радіації, якою вирізняє її від всіх інших вражаючих факторів, є повна відсутність зовнішніх ознак, які сприймаються органами чуття людини. Ця властивість має подвійний психологічний вплив на людей: у одних викликає панічний страх, позбавляючи здатності реально оцінювати обстановку і приймати обдумані рішення, у інших притуплює відчуття обережності, що веде до необґрунтованих втрат.

Але навіть в таких умовах повинні виконуватися усі завдання, покладанні на підрозділ з охорони об'єкта. З метою збереження життя та здоров'я як персоналу, так і військовослужбовців на станціях здійснюється суцільний індивідуальний дозиметричний контроль. В часи аварії на Чорнобильській АЕС з метою недопущення масового опромінення ліквідаторів у значних дозах у зоні аварії було введено добову дозу на рівні 2 Р. Цей захід практично унеможливив використання наявних у військових частинах розрахованих на нормативи воєнного часу засобів дозиметричного контролю, таких як ДКП-50А, з нижнім порогом чутливості 2 Р, не кажучи вже про індивідуальні дозиметри типу ИД-11 з нижнім порогом чутливості 10 сГр.

УРОВНІ РАДІАЦІЙНОГО ЗАРАЖЕННЯ МІСЦНОСТІ В ЗОНЕ ЧЕРНОБІЛЬСЬКОЇ АЕС	
1 мая 1986 года	
Толстий лес	- 200 мр/час
Речица	- 9 мр/час
Старая Красница	- 7 мр/час
5 мая 1986 года	
Припять: а) станция	- 6000 - 24000 мр/час
б) город	- 300 мр/час
13 мая 1986 года	
Диброво	- 4,0 мр/час
Весняное	- 5,0 мр/час
Старая Рудня	- 7,5 мр/час
Кливын	- 6,0 мр/час

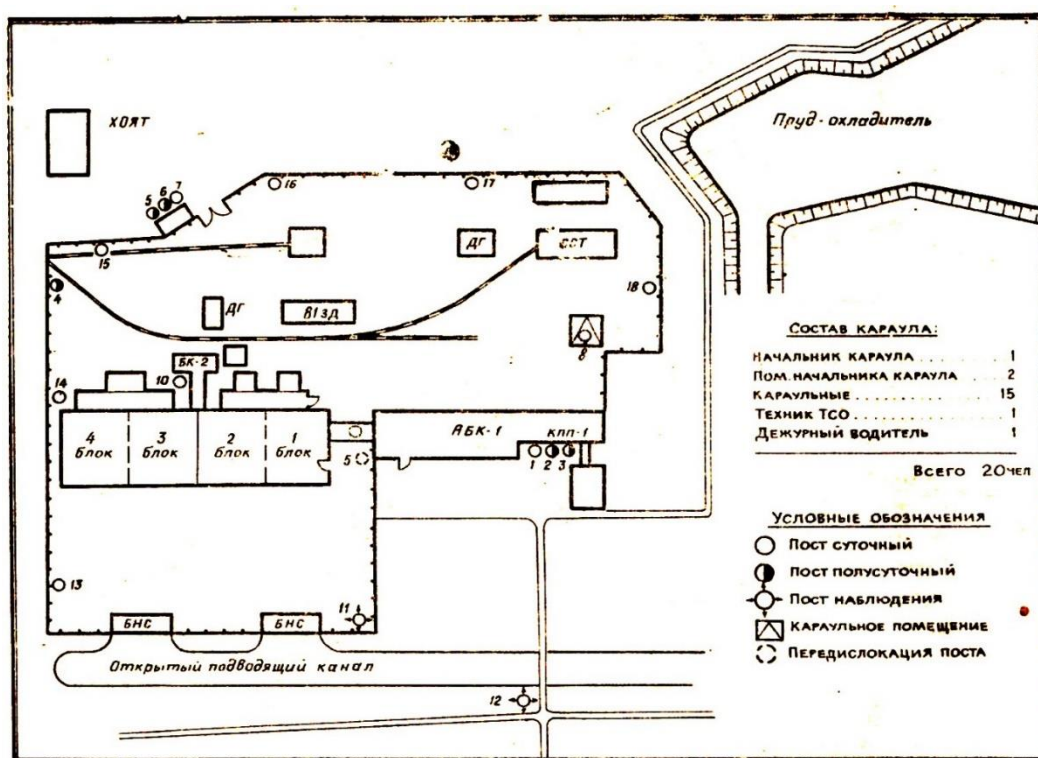


Тому у Чорнобильському угрупованні військ переважав розрахунковий і у кращому випадку груповий метод дозиметричного контролю. Розрахунковий метод – це коли доза оцінюється як добуток потужності дози у місці проведення робіт, помноженої на час проведення цих робіт. У разі застосування групового методу один дозиметр видається на групу військовослужбовців, що виконують одне і те саме завдання у подібних радіаційних умовах. Дані постійно записувались командирами підрозділів до журналу обліку доз опромінення особового складу з метою недопущення його переопромінення.

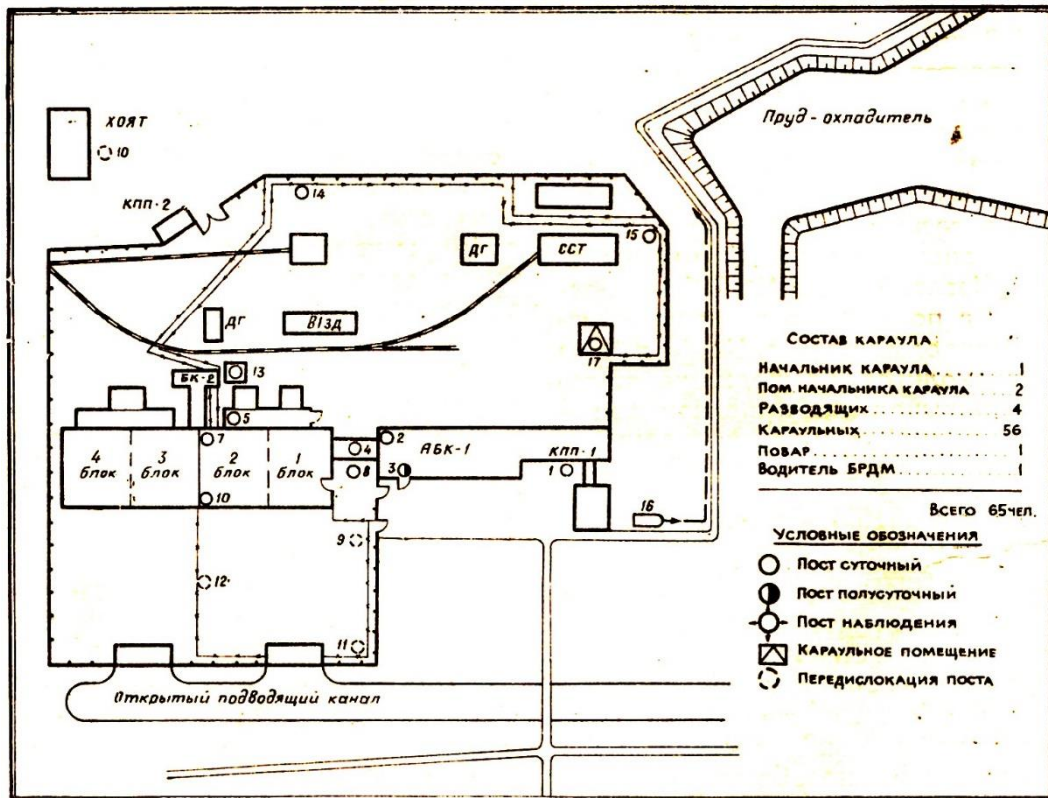
До аварії охорона Чорнобильської АЕС здійснювалася 1-ою спецкомендатурою в складі 105 осіб, штаб перебував в 1 км від об'єкта. Згідно з актом Міжвідомчої комісії виставлялось 19 постів. У зв'язку з високими рівнями радіації, яка виникла внаслідок аварії, за узгодженням з директором ЧАЕС і його заступником з режиму до 8 години 27 квітня 1986 року всі пости з периметра КПП-2 і з адміністративно-побутового корпусу-2

були зняті, а особовий склад переведений в укриття. Кількість постів на КПП-2 було скорочено до двох. Для охорони периметра АЕС з північно-східного боку виставлявся піший патруль, а з південно-західного – патруль на автомобілі. Отже, 27 квітня склад варті нараховував 10 осіб. Порівняльні схеми розміщення постів варті з охорони ЧАЕС станом на 26.04.86 та 01.10.86 наведені нижче. Вказані зміни в системі охорони було оформлено внутрішнім актом. Перед командуванням і штабом військ УВВ МВС СРСР постало завдання – в стислі терміни детально розібратися в обстановці та прийняти найбільш доцільне рішення щодо охорони АЕС і участі військ у ліквідації наслідків аварії. З цією метою в район аварії було направлено оперативну групу з 5 осіб і зведений загін із частин внутрішніх військ Київського гарнізону в складі 1-ї і 2-ї патрульних рот першого спеціального моторизованого полку міліції (СМПП), взводу хімічного захисту 290-го мотострілецького полку (МСП) із спеціальними машинами (4 одиниці) та мобільної групи зв'язку (всього 150 осіб).

Схема дислокації постів варті з охорони ЧАЕС станом на 26 квітня 1986 року



Зведений загін, прибув о 12 годині 26 квітня в район штабу спецкомендатури, його було передислоковано у місто Прип'ять і розміщено на території ЖЕК в безпосередній близькості від МВВС. Перша патрульна рота перебувала у резерві, а хіміки-розвідники приступили до радіаційної розвідки на території АЕС, а також в окремих районах міста Прип'ять. За короткий час зв'язківці встановили зв'язок у напрямку Прип'ять – УВВ. Протягом дня 26 і ночі 27 квітня зведений загін перебував на машинах у резерві, а потім отримав попереднє розпорядження підготуватися до несення служби в місті Прип'ять у зв'язку з ймовірною евакуацією населення. По мірі вивчення радіаційної та оперативної обстановки на АЕС і в місті Прип'ять було прийнято рішення про проведення 4 травня заміни 1-ї спецкомендатури особовим складом спецкомендатур, які охороняли інші АЕС, а 1-шу спецкомендатуру і частини управління вивести в район села Рудня-Вересня (відповідно 96 і 27 осіб).



З 9 травня 1-шу зведену спецкомендатуру передислокували на територію піонерського табору «Казковий» в село Ільїнці разом з адміністрацією АЕС. Це дало можливість налагодити тісний взаємозв'язок і швидко вирішувати всі питання охорони та пропускового режиму залежно від обстановки. В зв'язку з тим, що для ліквідації наслідків аварії безпосередньо на станції залучалася велика кількість спеціалістів, військовослужбовців та інших працівників, пропуск їх на об'єкт здійснювався як за списками, які погоджувались з режимним відділом станції, так і за усним розпорядженням. Деякі машини, які доставляли цемент та інші термінові вантажі, пропускалися безперешкодно, оскільки вони вже пройшли перевірку на КПП ДАІ. В зв'язку з евакуацією населення міста Прип'ять за рішенням начальника внутрішніх військ МВС СРСР було додатково залучено на допомогу 290-й МСП (1-й, 2-й МСБ, артідрозділи, підрозділи зв'язку та забезпечення) – всього 527 осіб. Після евакуації населення оперативній групі УВВ було поставлено завдання – силами 290-го МСП (546 осіб) і 1-го МОПМ (який прибув уранці 27 квітня в район у повному складі) організувати піше патрулювання вулиць міста Прип'ять. Для цього в одну зміну тривалістю 4 години виставлялось 38 нарядів (80 осіб). Особовий склад ніс службу в респираторах, усім видавались протирадіаційні препарати. Починаючи з 22 години 29 квітня патрульна служба в місті Прип'ять здійснювалась на БТР. На кожен із 6 машин виділявся особовий склад чисельністю спочатку до відділення, а потім 4 особи, старший машини, водій, чатовий і співробітник міліції.

На початку травня рівень радіації в місті Прип'ять, особливо на невеликій ділянці шосейної дороги, яка веде в місто (в районі села Копачі), підвищився ще більше. Щоб запобігти невинуватого опромінювання особового складу, було прийнято рішення щодо несення служби не цілу добу. Патрулювання вулиць стало проводитися на 2 БТР двічі на день раніше встановленими маршрутами. Обстановка в районі АЕС продовжувала залишатися складною та неясною. Передбачалося подальше збільшення обсягу завдань і робіт для служби. Тому командування УВВ за рішенням начальника ВВ МВС СРСР перекинуло в район Чорнобиля 10-й МСП. 30 квітня на підставі постанови Урядової комісії з метою підтримки



установленого режиму в евакуйованому місті та прилеглих районах нам було поставлено нове завдання – спільно з співробітниками міліції виставити на території УРСР по рубежу північна окраїна села Лельов, північніше сіл Корогод, Роз'їзже, північно-західна сторона сіл Степанка, Луб'янка, Товстий Ліс, тобто на віддаленні 10-15 км від ЧАЕС, 6 заслонів, кожен у складі відділу. Крім того, для зв'язку і підтримки взаємодії призначалися 6 патрулів на БТР і закритих автомобілях. Для виконання цього завдання був залучений 2-й МСБ 10-го МСП. Його наряди тісно взаємодіяли з нарядами ДАІ виставленими на дорогах.

Враховуючи складну радіаційну обстановку в районі Чорнобиля Урядова комісія 4 травня прийняла рішення про евакуацію населення ще із 58 населених пунктів за межі 30-кілометрової зони та виведення худоби з цього району. Внутрішнім військам було наказано до 18 години 4 травня спільно з органами міліції виставити наряди (заслони і КПП) по рубежу Куповате, Страхолісся, Губін, Дитятки, Мартиновичі, Терехов, Старі Соколи, Нові Соколи, Калинівка, Радника, Омельянівка, Варовичі, Вільча, Олександрівка, Окопи, Тихін, Діброва, Березовка, Дерновичі з завданням з 18 години 5 травня не допускати проходу чи проїзду транспорту через зайнятий рубіж, з метою посилення охорони ЧАЕС, надання допомоги органам внутрішніх справ не допустити крадіжок, пограбувань і безчинств з боку злочинного елемента. Звичайно, заслони з рубежу Лельов, Корогод, Стечанка, Луб'янка, Товстий Ліс знімалися.

На засіданні колегії МВС УРСР, яке відбулося 4 травня, було розглянуто питання організації служби на 30-кілометровому рубежі прийнято рішення щодо зручності управління підрозділами, нарядами, виставлено від військ і органів внутрішніх справ, підтримки тісної взаємодії при виконанні службових завдань.

Пізніше було вирішено передислокувати оперативну групу 290-й і 10-й МСП, окремий батальйон зв'язку (ОБЗ) (1-й МСПМ був виведений із служби раніше) в нові райони зосередження - Білий Берег, Ракітна Слобод-ка, ліс біля села Білий Берег, 10-й МСП був передислокований в район Волчкова.

Враховуючи збільшений обсяг завдань служби, у район Чорнобиля передислоковуються 510-й окремий мотострілецький батальйон (ОМСБ), 19, 23, 25 і 26-й ОСМБМ. За допомогою МВС УРСР, Південно-Західного окружного управління матеріально-технічного і військового забезпечення (ПЗ ОУМТ і ВЗ) МВС СРСР розпочато установку дротяної огорожі та сигналізаційного обладнання «Алмаз».

Охорона 30-кілометрової зони здійснювалася в першому секторі з початку тільки 290-м МСП, а потім 1-м зведеним загonom у складі 510-го окремого мотострілецького батальйону (ОМСБ), 23, 25, 26-го окремих мотострілецьких батальйонів міліції (ОМСБМ). Всього за добу на службу залучалось 412 осіб. До цього часу в районі ліквідації наслідків аварії виконував обов'язки особовий склад 17 частин УВВ і саперний батальйон, всього 3691 осіб.

В зв'язку з великим моральним і фізичним навантаженням на військовослужбовців та одержанням окремими із них максимально допустимих доз опромінення, було прийнято рішення поступово замінити підрозділи 290-го МСП, 10-го МСП, 510-го СМСБ. Після ретельної оцінки сил і засобів УВВ та його можливостей щодо заміни частин, підрозділів і за узгодженням з Генеральним штабом МО СРСР було прийнято рішення про відмобілізування по одному мотострілецькому батальйону з Прикарпатського та Київського військових округів і включення їх до складу 10-го і 290-го МСП. Відмобілізування нових батальйонів було здійснено в період з 29 травня по 6 червня 1986 року Львівським і Харківським обласними військкоматами (всього 612 осіб). Після їх прибуття на місце були



та  
які

УВВ,

вжиті заходи щодо благоустрою наметових містечок, їдальні та наведення статутного порядку. Всі відмобілізовані в основному з почуттям високої відповідальності поставились до виконання покладених на них обов'язків.



На підставі рішень Урядової комісії від 8 червня 1986 року наказом Міністра внутрішніх справ СРСР від 11 червня 1986 року внутрішнім військам було поставлено завдання забезпечити за встановленою межею зони відчуження будівництво інженерного огороження до 1 липня, а 1 серпня прийняти до експлуатації сигналізаційну систему «Скеля». Потім організувати охорону зони відчуження вартами з максимальним використанням інженерно-технічних засобів охорони (ІТЗО). Протягом 4 діб

було споруджено 56 км огорожі в 3 нитки колючого дроту (8.05.86 - 4,8 км; 9.05.86 - 22 км; 10.05.86 - 23 км; 11.05.86 - 6,2 км). Тільки стовпів було встановлено 8960 одиниць. У місцях, найбільш сприятливих для проходу людей та проїзду транспорту, встановили 65 комплектів технічних засобів «Алмаз». Крім того, обладнали 24 спостережні вежі, зробили 12 км огороження навколо селища Варовичі. В результаті підвищилась надійність охорони дільниці і, що дуже важливо, скоротилась кількість особового складу, який виділявся щодобово для несення служби – з 300 до 128 осіб.

Під час виконання завдань в районі ЧАЕС велика приділялася організації взаємодії військовими нарядами і сусідніми частинами внутрішніх військ, органами внутрішніх справ, державної безпеки, частинами Радянської Армії та формуваннями Цивільної оборони. Тим більше, що в зв'язку високим рівнем радіації полк за рішенням старшого начальника декілька разів змінював місце дислокації, іноді на 30 – 70 км від виконання завдань.

При організації взаємодії з органами внутрішніх справ, перш за все, бралися до уваги такі питання:

порядок виділення сил і засобів для надання допомоги органам внутрішніх справ у підтриманні громадського порядку;

місця і час розгортання КП, організація зв'язку, взаємна інформація, розвідка місцевості та радіаційний контроль;

порядок спільних дій з підтримання громадського порядку, надання медичної допомоги, місця розгортання пунктів спеціальної обробки, сигнали взаємодії.

Гостро стояли питання підтримання безперервного і стійкого зв'язку. З частинами Радянської Армії та Цивільної оборони було простіше: в 10-му МСП і у підрозділів Цивільної оборони були однотипні радіостанції та командно-штабні машини. Але з підрозділами органів внутрішніх справ підтримувати зв'язок було набагато складніше. У них радіостанції були малопотужні, а відстань від районів зосередження полку часом була значна, що не дозволяло підтримувати стійкий зв'язок (лінії Міністерства зв'язку СРСР



увага між

3

місця



не було). Доводилося виділяти підрозділам органів внутрішніх справ радиста з радіостанцією, а в деяких випадках і командно-штабну машину.

Перед командуванням УВВ постало серйозне завдання – в стислі терміни спільно з МВС УРСР організувати постачання (а інколи, і заготівлю) необхідних матеріалів на рубіж зони відчуження. Створення рубежу зони відчуження виявилось справою нелегкою. Покладалась велика відповідальність за правильне проходження огороження з урахуванням високих вимог до системи сигналізації «Скеля» під час її експлуатації в майбутньому. Будівельні роботи, незважаючи на складну радіаційну обстановку, було закінчено в установлені терміни та прийнято з оцінкою «добре». На це пішло 22 дні. 25 червня УВВ уклало угоду на обладнання системи «Скеля» з одним із спеціалізованих підприємств Міністерства середнього машинобудування СРСР. Ці роботи також було проведено у визначений термін і прийнято Урядовою комісією 1 серпня з задовільною оцінкою.

У місцях перетинання огороження та дороги з водними перешкодами було встановлено п'ять важких металевих мостів і один дерев'яний, п'ять водопропускних залізобетонних труб. У місцях, де знаходилися пости міліції було встановлено 6 воріт, які не були включені до системи сигналізації. Для в'їзду в зону резервних груп і нарядів за оперативною необхідністю та технічного обслуговування «Скелі» встановлено 10 воріт, які були включені у систему сигналізації. Паралельно з будівництвом інженерно-технічних засобів охорони визначалася система охорони, місця розташування варт і підрозділів, роботи з добудування та утеплення вартових приміщень з урахуванням радіоактивного забруднення місцевості.

Кожне вартове приміщення складалося з двох типових з'єднаних між собою рухомих вагончиків, децю переобладнаних з урахуванням специфічних умов служби та дотримання заходів радіаційної безпеки. Територію кожного вартового містечка було благоустроєно, оточено дротяною огорожею та освітлено. Доріжки покриті асфальтом. Для БТР і автомашин відгороджено та покрито щебнем спеціальні майданчики.

Для підрозділів, що охороняли 30-кілометрову зону, в липні було побудовано наметові містечка з пунктами санітарної обробки (ПуСО), їдальнями, місцями для перегляду кінофільмів. Одночасно монтувалися збірно-щитові казарми для кожної роти, будувалися кухні-їдальні, офіцерські гуртожитки, котельні, сховища та інші приміщення. До 1 вересня збирання та благоустрій 6 містечок для підрозділів було закінчено і особовий склад був переведений із наметів у добротні казарми з необхідними зручностями.

Для охорони зони відчуження наказом начальника ВВ МВС СРСР у 1986 році було сформовано спеціальний батальйон (432 особи), підпорядкований 290-му МСП. У підрозділах за спеціально розробленою програмою було проведено заняття щодо особливостей служби. Основний спосіб охорони зони відчуження – спосіб оперативного чергування. За рішенням командира роти від варті виділялися чатові для перевірки контрольно слідової смуги (КСС) і огороження під час зміни чатових, з настанням темряви та 1-2 рази в день. У разі спрацьовування сигналізації направлялася резервна група на БРДМ (3-4 особи) на чолі з начальником варті чи його помічником. Другий БРДМ залишався в резерві та для зв'язку. У разі виявлення ознак порушення лінії охорони резервна група через радіо, користуючись розробленою таблицею, доповідала начальнику варті, останній – командиру роти. Про прохід порушника командир роти повідомляв в орган (на пост) міліції, розташований поблизу, і направляв на БРДМ через технологічні ворота резервну групу роти разом з співробітниками міліції із завданням перекрити шляхи ймовірного руху правопорушника чи пошуку його в найближчому населеному пункті.

До кінця травня охорона АЕС здійснювалася вартою в складі 10 осіб, виставлялося 5 постів: № 1 – на КПП, № 2 – на галереї, № 3 – на третьому поверсі АПК (для охорони режимних приміщень 1 відділу), № 4 – пересувний на БТР на дамбі ставу-водосховища. Для служби виділялося 2 БТР – 6 осіб з водіями.

На підставі наказу голови Урядової комісії від 15 травня тресту «Південтеплоенергомонтаж» видано конструктивні рішення щодо виготовлення 7 металевих захисних споруд для вартових, щоб установити їх в місцях, вказаних режимною службою АЕС.

УВВ протягом червня – серпня під безпосереднім керівництвом начальників оперативних груп ГУВВ, у тісній взаємодії з дирекцією та режимними органами АЕС безперервно вивчалася обстановка на об'єкті, здійснювався постійний контроль за бойовою службою. Серйозною проблемою стала періодична заміна особового складу 1-ї спецкомендатури. Потрібно було відібрати в інших спецкомендатурах, у мотострілецьких і спецчастинах особовий склад, який має допуск контрольних органів і досвід несення служби на постах з контрольно-пропускними функціями. При цьому враховувався принцип добровільності. Протягом 5 – 7 днів із відібраними військовослужбовцями проводилися навчання за спеціальною програмою. Особливу увагу звертали на морально-психологічну підготовку. За період з 24 квітня по 10 вересня змінився особовий склад 7 підрозділів, залучених для охорони АЕС.

Наказом начальника ВВ МВС СРСР № 79 від 25 липня замість 1-ї спеціальної комендатури було введено 1-шу військову комендатуру. Це рішення пояснювалося потребою посилення охорони ЧАЕС військовослужбовцями із зброєю, можливістю більш частотої та безболісної його заміни іншим особовим складом строкової служби, а також більш раціональним вирішенням питання про розміщення людей, меншою потребою квартир для офіцерів і прапорщиків в умовах гострого дефіциту житла у районі Києва.

У липні та серпні УВВ і оперативні групи ГУВВ разом з адміністрацією станції вживались окремі заходи щодо забезпечення охорони АЕС і встановленого пропускного режиму. За узгодженням з УКДБ було розроблено і затверджено акт міжвідомчої комісії щодо забезпечення охорони першого і другого енергоблоків, дообладнання об'єкта новим комплектом ІТЗО. Акт було затверджено заступником міністра внутрішніх справ СРСР і погоджено з заступником міністра енергетики СРСР. Передбачалося виставлення 17 постів.

Огорожу периметра АЕС на дезактивованих ділянках забороненої зони було споруджено з колючого дроту висотою 2 м, посиленими спіралями «Бруно» в 2 ряди. Для вартових було встановлено спеціальні захисні кабіни з засобами зв'язку та фільтровентиляційними приладами ФВА-50/25. Ці роботи на території станції проводились під безпосереднім керівництвом спеціалістів ІТЗО військ, військовослужбовцями МО, призваними з запасу. Для огляду огорожі певної території використовувались телевізійні установки. Була скорочена кількість працюючих на станції та встановлено більш суворий пропускний режим. Крім того, в серпні Урядовою комісією на УВВ було покладено завдання щодо охорони спецвантажів на ділянці залізниці від АЕС до станції Вільча з подальшою їх передачею зустрічній варті від спецчастин. Управління частинами здійснювалося з пункту постійної дислокації УВВ (місто Київ) за допомогою оперативної групи при УВВ в складі 8–10 осіб (потім 4 – 5), а також оперативної групи в місті Чорнобилі (Білому Березі) у складі 10 – 12 осіб (потім 3 – 5). Оперативні групи ГУВВ склалися із всебічно підготовлених, кваліфікованих, активних і вимогливих офіцерів. Вони в деталях володіли радіаційною та оперативною обстановкою, надавали командуванню УВВ велику і всебічну допомогу в управлінні військами, їх забезпеченні та виконанні ними поставлених завдань.

За активної участі начальників оперативних груп ГУВВ було проведено важливі запобіжні заходи щодо організації охорони АЕС, створення 10-кілометрового рубежу та рубежу 30-кілометрової зони, відпрацьовано всі питання взаємодії та встановлено тісні контакти з багатьма міністерствами і відомствами, проведено величезну організаторську роботу з заготівлі, перевезення, доставки на рубежі матеріалів і будівництва дротяної огорожі по рубежу зони відчуження, обладнання системи сигналізації «Скеля», будівництва військових містечок для підрозділів спецбатальйону, подальшого удосконалення охорони ЧАЕС.

Підрозділи внутрішніх військ прибули в район аварії в числі перших. Офіцери, прапорщики, сержанти і бійці допомагали евакуювати населення і вели радіаційну розвідку. Вони дуже добре розуміли ступінь ризику, але діяли самовіддано.

Формування мобілізаційних батальйонів викрило цілу низку недоліків та проблем, що мали місце у військах та комплектуючих військових комісаріатах. Так, негативний вплив на початок відмобілізування справила відсутність типових штатів підрозділів, що формувалися, розрахунків комплектування табелів та норм належності, наявності

необхідних для виконання спеціальних завдань в недоторканому запасі озброєння, техніки та матеріально-технічних засобів.

Призначені на посади командирів батальйонів і рот кадрові офіцери не вивчали військовозобов'язаних, що прибувають із запасу, їх якість не відповідала вимогам, внаслідок чого при виконанні службово-бойових завдань виникла необхідність заміни більш ніж 100 військовозобов'язаних. Районними військовими комісаріатами через відсутність заявок на приписку військовозобов'язані призивались із порушенням чинного законодавства. Підготовка таких фахівців, як хіміки, виявилась низькою. Перелічені та інші недоліки, що мали місце під час виконання мобілізаційних заходів щодо формування підрозділів, дозволяють зробити висновки про те, що у мирний час у військах вирішення завдань, подібних завданням, що виконувалися в районі ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, неможливе без чіткого планування та взаємодій частин формувачів із комплектуючими військовими комісаріатами і органами забезпечення. Для цього потрібно мати розроблені штати таких підрозділів і розрахунки їх комплектування, таблиці та норми належності, згідно з якими озброєння, техніка та матеріально-технічні засоби повинні зберігатися в недоторканому запасі. Вивчення в комплектуючих військових комісаріатах мобілізаційних ресурсів повинно бути постійним. Тим більше, що Законом України «Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію» передбачається проведення мобілізації на випадок стихійного лиха, аварій та катастроф.

#### **Дії особового складу 1-ї спецкомендатури в ніч на 26 квітня 1986 року, уроки та висновки**



В ніч на 26 квітня 1986 року охорону Чорнобильської АЕС здійснювала варта 1-ї спеціальної комендатури. Під час аварії на 4-му блоці посадовими особами варти було організовано доставку на пости засобів захисту, переведення чатових в окопи-укриття. Про те, що трапилося, вони доповіли командирі батальйону, в пожежну охорону та начальнику зміни станції. В комендатурі був оголошений сигнал збору. Жодна людина не завагалася, ніхто не піддався паніці, не залишив свого поста чи місця, передбаченого бойовим розрахунком. Пропуск працівників на об'єкт і з об'єкта здійснювався без затримок, відповідно до інструкції про пропускний режим. Черговий технік ІТЗО розпочав відновлювати сигналізацію, яка вийшла із ладу в результаті вибуху. Надавалась допомога потерпілим.



Особовий склад діяв за обстановкою «вибух, пожежа на об'єкті, що охороняється». Прибувши у варту командир батальйону уточнив попередні заходи щодо посилення охорони об'єкта, наказав ввімкнути індикатор радіоактивності ДП-64. Оскільки варта перебувала з надвітрового боку відносно 4-го енергоблока, то на цей час (приблизно о 3 годині 10 хвилин) наявності в повітрі радіоактивних частин прилад не показував.

Віддавши розпорядження офіцерам, які знаходились на об'єкті про спільне з представником режимного органу АЕС обстеження стану КСС і складання акта за його результатами, проінструктував офіцерів і прапорщиків, командирів взводів і вибув до заступника директора АЕС з режиму для погодження подальших дій та більш повного з'ясування обстановки. Близько 4-ї години комбатові доповіли із вартового приміщення про те, що прилад ДП-64 почав давати

показання. Заступник директора АЕС з режиму, що прибув у цей час від директора, також повідомив, що територія станції, особливо її західна частина, зазнала радіоактивного забруднення.

За узгодженням з режимними органами та директором АЕС були негайно зняті пости № 12, 13, 14, 15 і пост № 16, заміряно рівень забруднення засобів захисту та верхнього одягу військовослужбовців, організовано дезактивацію забруднених предметів одягу і спорядження. Особовий склад було переведено в укриття варті. Чатовий поста № 5 (автотранспортний КПП) розпочав нести службу в будові КПП-2.

Разом з черговим дозиметристом станції та хіміком-інструктором батальйону провели радіаційну розвідку місць несення бойової служби (КПП 1 і посту № 9) на маршруті руху від штабу на станцію, а також на території управління частини, яке знаходилося за 1 км від місця аварії. З'ясувалося, що ґрунт у районі штабу не забруднений, але радіоактивність збільшується з підняттям зонду приладу вгору – радіація носила аерозольний характер. Було закрито всі вікна та двері, обмежено пересування офіцерів і прапорщиків управління частини за межами приміщення.

На станції, тим часом, йшла безперервна радіаційна розвідка. Було встановлено найбільш небезпечні ділянки. Сигналізація постів № 12, 13, 14 вийшла з ладу, чатові там були зняті. Було прийнято рішення виставити з південного боку об'єкта пост спостереження (зі зміною через годину), пости № 17, 18 охороняти способом патрулювання, на місці залишилися пости № 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10. Дійсних розмірів біди, викликаної аварією, ніхто поки що не знав, час ліквідації її наслідків визначити було неможливо. Тому особовий склад, який не був залучений до служби, направили в місто Прип'ять, де він перебував у готовності до дій.

О 4 годині 30 хвилин у окремих військовослужбовців почали проявлятися ознаки опромінення (нудота, блювання, головні болі). Уражених було негайно доставлено в міську медчастину (туди ж надходили вони і протягом доби). Особовому складу було видано протирадіаційні препарати.

До 8 години ранку за погодженням із директором АЕС було знято чатові пости № 5, 7, 10, а КПП-2 був закритий через різке збільшення рівня радіації. Для організації пропуску транспорту використовувались запасні ворота поста № 11, де рівень радіації був найменшим. Чатового поста № 5 було переведено у приміщення АПК № 1, звідки він періодично виходив через запасний вихід для виконання свого завдання. Всі часткові зміни в системі охорони оформлялися актами.

В цій складній обстановці командування намагалося зробити все для того, щоб не виникало панічних настроїв серед особового складу, серед працівників станції та в місті Прип'ять. Правду кажучи, офіцери та більшість прапорщиків з цим завданням справилися. Проте, на превеликий жаль, не було і без проявів страху. Під різними приводами (незнання місця знаходження сім'ї, хвороби близьких і таке інше) окремі прапорщики наполегливо, а інколи просто в істеричній формі вимагали відправити їх з підрозділів.

27 квітня о 5 годині ранку особовий склад управління частини (за винятком чергової служби) і 1-ї спецкомендатури (за винятком варті з охорони АЕС) було виведено в район села Рудня-Вересня за 20 км від Прип'яті, де було розбито наметовий табір і звідки здійснювалося управління.

Аналізуючи дії штабу частини і 1-ї спецкомендатури можна зробити висновок – усі завдання, що стояли на цей період, було виконано. Але в підготовці батальйону до дій у подібній обстановці було зроблено не все можливе.

По-перше, система охорони АЕС була визначена без урахування її особливостей, аналогічно з іншими об'єктами особливої державної важливості. Постові будки, наприклад, не мали протирадіаційного захисту і не були забезпечені приладами радіометричного контролю. Не обладнано відповідним чином і інші місця несення служби. Тому пост № 12 після аварії було виставлено на відкритій місцевості (в подальшому для цієї мети використовували БТР).

По-друге, забезпеченість підрозділів охорони АЕС засобами захисту, приладами розвідки та дозиметричного контролю здійснювалася за звичайними нормами, а цього, як показали події, було недостатньо. Два прилади ДП-5А вийшли з ладу в перший же день через забруднення зондів радіоактивними речовинами. Щоправда, до цього призвела і не зовсім грамотна їх експлуатація (в подальшому вони обгорталися поліетиленовою плівкою, яка захищала від радіоактивного пилу). Загальновійськові захисні комплекти виявились придатними тільки для разового використання, оскільки спроби їх дезактивації позитивних результатів не дали.

У вартовому приміщенні не було кімнати дезактивації з необхідним обладнанням. Індивідуальними дозиметрами за нормою особовий склад був забезпечений на 50 %, а якщо взяти до уваги дату випуску приладів і умови їх зберігання, то стане зрозумілим, чому дозиметричний контроль спочатку виявився малоефективним (в подальшому весь особовий склад був забезпечений касетами-накопичувачами). В мирний час у батальйоні не передбачалося жодної машини (АРС) для миття особового складу та дезактивації техніки.

По-третє, не передбачалися дії в подібних умовах. В частинах не було табірних наметів, ліжок чи розкладачок, матраців, постільної білизни, похідних кухонь, запасів продовольства. Особовий склад у запасному районі перший час розміщувався в індивідуальних туристичних наметах біля вогнищ, харчування прапорщиків також здійснювалося приватним чином. Так тривало до прибуття матеріальних засобів з інших частин.

Там, у Чорнобилі офіцери одразу прийшли до висновку, що у людей немає досвіду дій в умовах радіаційного забруднення. В екстремальній ситуації необхідно терміново перебудувати форми та методи роботи: і організаційної, і професійної. Доводилось оперативно, часом миттєво, шукати нестандартні відповіді на стільки ж нестандартні питання, коли деякі положення чинних нормативних актів не відповідали обстановці, яка склалася. Потрібно було не тільки зняти природну внутрішню напругу в особового складу, а й не зменшити рівень небезпеки, не втратити пильності.

Значний час інформація по аварії була спотворена, викривлена, а ще гірше прихована, після отримання інформації керівництвом необмірковано було залучено до ліквідації аварії велику кількість військових та цивільних осіб. І все ж набутий раніше професійний досвід несення бойової служби при ліквідації наслідків стихійних явищ, свідомість і велика мужність воїнів робили своє діло. Багато військовослужбовців виявили справжню самовідданість, гідно виконуючи свій обов'язок перед Батьківщиною. Прикладів цього можна було б навести багато.

Усі вказані недоліки були зібрані автором розділу із різних джерел: архівних даних, навчальних посібників, друкованих видань різних часів, керівних документів того часу, які треба детально аналізувати, щоб не допускати в майбутньому подібних помилок у службово-бойовій діяльності. Слід також відмітити, що на сьогоднішній день в частинах з охорони АЕС мало приділяється уваги підготовки особового складу підрозділів з охорони до дій в умовах радіаційної аварії, а це значить, що аналогічні прорахунки можуть повторитися в майбутньому.

Досвід ЧАЕС учить, управління – це головне. В той час прийняття рішення командиром на кожному добу визначалося:

- радіаційною обстановкою в районі ЧАЕС, у м. Прип'яті, м. Чорнобилі, а також у межах зони відчуження та на її рубежі з врахуванням доз опромінення, отриманих особовим складом з врахуванням наростаючого підсумку;
- завданнями частин охорони ЧАЕС, зони відчуження і рубежу 30-кілометрової зони;
- потребами взаємодії з органами внутрішніх справ;
- станом тилового забезпечення.



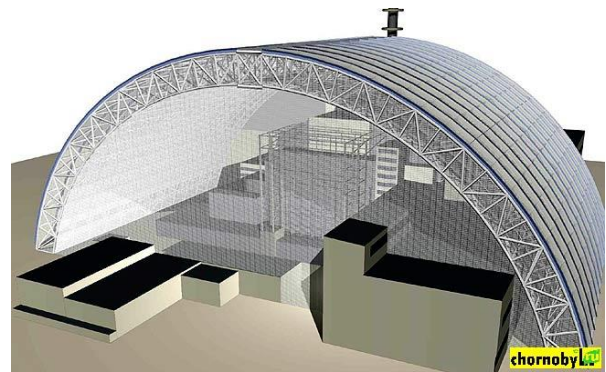


Поступово розширювалося коло питань, які вимагали рішень командира. Так, з 18 червня 1986 року обов'язково повинні були враховуватися метеодані (швидкість вітру, температура повітря, опади та інше). У звітах командира відображався хід будівельно-монтажних робіт ІТЗО, військових містечок і переїздів, постачання матеріальних засобів, зміни в наявних резервах тощо.

З літа 1986 року до завдань підрозділу з охорони додалася охорона будівництва об'єкта «Укриття» (Саркофагу) на 4 енергоблоці, а згодом будівництва Нового Безпечного Конфайнменту.

Саркофаг над зруйнованим 4 енергоблоком ЧАЕС був спорудю тимчасовою. Основне його призначення полягало в забезпеченні надійної ізоляції радіоактивних матеріалів зруйнованого реактора від довкілля. Ця захисна оболонка тимчасово виконувала свої функції, але конструктивні рішення цієї споруди унеможлилювали проведення робіт з радіоактивно

забрудненими матеріалами і речовинами, які містять ядерне паливо. Вилучення цих матеріалів зі зруйнованого реактора та їх подальше захоронення в надійній ізоляції від довкілля є головним стратегічним завданням з перетворення об'єкта «Укриття» в екологічно-безпечну систему. Тільки за умов вилучення і надійного захоронення всіх радіоактивних матеріалів, об'єкт «Укриття» стане безпечним. Отже, Новий Безпечний Конфайнмент, крім захисту довкілля, забезпечує можливість проведення часткового демонтажу аварійних і ненадійних конструкцій об'єкта «Укриття». Крім того, новий Конфайнмент має технічні засоби та обладнання для проведення безпечних робіт з вилучення та перероблення радіоактивних і паливовмісних матеріалів.



Протягом часу, що пройшов з моменту аварії на 4 блоці ЧАЕС, підрозділи Національної гвардії України з охорони важливих державних об'єктів набули значний досвід з виконання своїх обов'язків в умовах радіаційного забруднення.

Одним з найважливіших питань з експлуатації атомних електростанцій полягає у забезпеченні надійної охорони та фізичного захисту даних об'єктів. На теперішній час цю функцію виконують підрозділи Національної гвардії України з охорони важливих державних об'єктів. Завершуючи даний розділ, підкреслимо, що неврахування досвіду Чорнобиля наступні покоління нам не пробачать – «Чорнобиль помилок не пробачає».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Декларація про державний суверенітет України: декларація України від 16 липня 1990 р. №55-ХІІ// Відомості Верховної Ради УРСР. - 1990, N 31, ст.429.
2. Об'єднана конвенція про безпеку поводження з відпрацьованим паливом та про безпеку поводження з радіоактивними відходами від 05 вересня 1997 р. / Офіційний сайт Верховної Ради України. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_335](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_335).
3. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: закон України від 8 лютого 1995 р. №39/95-ВР// Відомості Верховної Ради України. – 1995. N 12. Ст.81.
4. Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання: закон України 14 січня 1998 р. № 15/98-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1998. N 22. ст.115.
5. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: закон України від 24 лютого 1994 р. № 4004-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1994. № 27. ст.218.
6. Про Національну гвардію України: закон України від 13 березня 2014 р. №876-VІІ// Відомості Верховної Ради України. – 2014. N 17. Ст.594.
7. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: закон України від 27 лютого 1991 р. № 791а-ХІІ// Відомості Верховної Ради України. – 1991. № 16. ст.198.
8. Про Національну поліцію: закон України від 02 липня 2015 р. № 580-VІІІ// Відомості Верховної Ради України. – 2015. № 40-41.ст.379.
9. Порядок взаємодії органів виконавчої влади та юридичних осіб, які провадять діяльність у сфері використання ядерної енергії, в разі виявлення радіоактивних матеріалів у незаконному обігу затверджений: постанова Кабінету Міністрів України від 2 червня 2003 р. №813// *Офіційний вісник України*. – 2003. - №23 – стор.193 – Ст. 1049.
10. Державні гігієнічні нормативи "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)": Постанова Голов.державн.санітарного лікаря; від 01 грудня 1997 р., 01 грудня 1999 р. № 62/ Офіційний сайт Верховної Ради України. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97>.
11. Державні санітарні правила "Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України" : Наказ МОЗ України від 02 лютого 2005 р. № 54 / Офіційний сайт Верховної Ради України. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05>.
12. Про невідкладні заходи щодо захисту громадян України від наслідків Чорнобильської катастрофи: Постанова Верховної Ради Української РСР від 01 серпня 1990 р. № 95-ХІІ// Відомості Верховної Ради Української РСР. – 1990. N 33. ст.466.
13. Про Тимчасове положення про Національну комісію по радіаційному захисту населення України: Постанова Президії Верховної Ради Української РСР від 28 лютого 1991 р. № 8016-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1991. N 19. ст. 235.
14. Про Голову Національної комісії по радіаційному захисту населення України (НКРЗУ): Постанова Верховної Ради Української РСР від 28 лютого 1991 р. № 798-ХІІ ХІІ // Відомості Верховної Ради Української РСР. – 1991. N 14. ст. 172.
15. Про Положення про Національну комісію з радіаційного захисту населення України: Постанова Верховної Ради України від 19 травня 1999 р. № 675-ХІV// Відомості Верховної Ради України. – 1999. N 30. ст.243.
16. План реагування на радіаційні аварії: наказ Держатомрегулювання України та МНС України від 17 травня 2004 р. № 87 // *Офіційний вісник України*. –2004. - № 24 - стор. 232 – Ст. 1617.
17. Інструкція про порядок дій органів (підрозділів) поліції в разі виявлення радіоактивних, хімічних і ядерних матеріалів або отримання інформації про порушення правил або незаконне поводження з ними: наказ МВС України від 06

- вересня 2017 р. № 754 // *Офіційний вісник України*. –2017 .- № 86 - стор. 549 – Ст. 2628.
18. Регламент щодо проведення йодної профілактики у разі виникнення радіаційної аварії: наказ МОЗ України від 09 березня 2021р. №408 // *Офіційний вісник України*. –2021 .- № 33 - стор. 354 – Ст. 1987.
  19. Про затвердження Порядку здійснення невідкладних заходів йодної профілактики серед населення України у разі виникнення радіаційної аварії: наказ Держатомрегулювання України від 08 листопада 2011р. №154 // *Офіційний вісник України*. –2011 .- № 94 - стор. 298 – Ст. 3445.
  20. Iodine thyroid blocking. Guidelines for use in planning for and responding to radiological and nuclear emergencies. World Health Organization, 2017 Офіційний сайт ВООЗ - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259510>
  21. Рекомендації щодо застосування йодної профілактики від Держатомрегулювання та ВООЗ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://snriu.gov.ua/news/rekomendaciyi-shchodo-zastosuvannya-jodnoyi-profilaktiki-vid-derzhatomregulyuvannya-ta-vooz>
  22. КОДЕКС ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ // Відомості Верховної Ради України. – 2013. N34-35. Ст.1802.
  23. Методичні рекомендації з проведення деконтамінації постраждалих внаслідок дії хімічних, радіаційних чинників та біологічних агентів: наказ МОЗ України від 27 травня 2011р. №322
  24. Реагирование на события, связанные с непреднамеренным перемещением или незаконным оборотом радиоактивных материалов: IAEA – TECDOC-1313/R / МАГАТЭ - Вена, 2003/ Офіційний сайт МАГАТЭ - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1313r\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1313r_web.pdf)
  25. Про затвердження Положення про Національну комісію з радіаційного захисту населення України: Постанова Верховної Ради України від 06 жовтня 2009 р. № 1630-VI// Відомості Верховної Ради України. – 2009. N 49. ст.743.
  26. INES Руководство для пользователей международной шкалы ядерных и радиологических событий/МАГАТЭ – Вена, 2010.— 235 с. / Офіційний сайт МАГАТЭ - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/INES-2008-R\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/INES-2008-R_web.pdf).
  27. Identification of Radioactive Sources and Devices : Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности № 5 / МАГАТЭ – Вена, 2007/ Офіційний сайт МАГАТЭ - [Електронний ресурс]. – Режим доступу [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1278_web.pdf)
  28. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures: ICRP Publication 85./ ICRP, 2000/ Офіційний сайт ICRP - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB\\_30\\_2](https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_30_2).
  29. «Последствия для здоровья радиационного облучения в результате аварии на Чернобыльской АЭС» - доклад UNSCEAR - ООН, Нью-Йорк, 2012. - 182 с. / Офіційний сайт UNSCEAR - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.unscear.org/docs/reports/2008/12-5525\\_Report\\_2008\\_Annex\\_D\\_RUSSIAN.pdf](https://www.unscear.org/docs/reports/2008/12-5525_Report_2008_Annex_D_RUSSIAN.pdf).