

## ВСТУП

Сучасна людина часто має справу з джерелами іонізуючого випромінювання: у промисловості (дефектоскопія, КВП), наукових дослідженнях, медицині (терапія і діагностика), мистецтвознавстві (аналіз живописних полотен) тощо. Деякі люди безпосередньо працюють з радіаційними матеріалами та спеціальними пристроями для генерації випромінювань (персонал атомних електростанцій, рентгенологи, робітники, зайняті розробкою родовищ матеріалів, що діляться). Інші робітники не контактують з джерелами іонізуючих випромінювань, але по розташуванню робочих місць, або за умовами проживання можуть підпасти під випромінювання. З розвитком ядерних технологій зростає ризик опромінювання і інших категорій населення.

З другого боку іонізуюче випромінювання має велику біологічну активність, що обумовлена його високою енергією. Радіація викликає різноманітні ураження організму – гостру та хронічну проміневу хворобу, проміневі опіки, підвищує ризик виникнення злоякісних новоутворень. Тому люди повинні знати як захиститися від іонізуючого випромінювання, як вести себе в умовах радіаційної аварії, медичного втручання, які є техногенно-підсилені джерела випромінювання природного походження тощо.

Метою даного посібника є надання допомоги студентам у засвоєнні окремих тем дисципліни „Радіаційна безпека”, у розв’язанні найпростіших інженерних задач за цими темами. Навчально-методичний посібник є додатковим засобом до підручників та конспекту лекцій і не замінює їх.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Захист від радіаційного впливу регламентується Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Це основний державний нормативно-правовий документ нашої країни у галузі радіаційної безпеки. Він встановлює певні регламенти безпеки для окремої людини і в цілому суспільства. Норми визначають вимоги до [1]:

- охорони здоров'я конкретної людини від шкоди, яка пов'язана з іонізуючим опромінюванням від різних *джерел*;
- безпечної і не шкідливої експлуатації джерел іонізуючого випромінювання;
- охорони довкілля.

Норми радіаційної безпеки вводять певні регламенти, впровадження яких дозволяє реалізувати перелічені вимоги. Ці регламенти забезпечують:

- захист від виникнення *детерміністичних ефектів* у людей, які підпали під опромінення;
- зниження до певного відносно безпечного рівня імовірності виникнення *ефектів стохастичних*.

Існують два різних підходи до забезпечення захисту від випромінювання:

- в умовах нормальної, не аварійної, експлуатації джерел випромінювання (індустріальних і медичних) ;
- в умовах надзвичайної ситуації, тобто *аварійного опромінення*, а також при хронічному (тривалому) опромінюванні від *техногенно-підсиленних джерел, що мають природне походження*.

При практичній діяльності людини може підвищуватися доза, зростати імовірність опромінювання, або число опромінюваних осіб. До таких видів діяльності можна віднести [1]:

- виробництво джерел іонізуючого випромінювання;
- використання таких джерел (спеціальних пристроїв та радіонуклідів) в наукових дослідженнях, у медичній практиці, у промисловості, сільськогосподарській діяльності, освіті тощо;
- виробництво ядерної енергії, на всіх етапах паливно-енергетичного комплексу;
- транспортування і зберігання джерел іонізуючого випромінювання;
- поводження з різного роду радіоактивними відходами.

Радіаційна безпека та захист від випромінювання в умовах нормальної експлуатації зосновані на таких принципах [1, 2]:

- діяльність, яка супроводжується опромінюванням людей, повинна приносити більшу користь окремим людям або всьому суспільству, ніж шкоду, яка при цьому неминуча. У протилежному разі діяльність не дозволяється (*принцип виправданості*);
- дози опромінення від усіх джерел, що мають місце у діяльності, не повинні перевищувати максимально допустимих значень (*принцип неперевищення*);
- індивідуальні дози та кількість людей, що зазнали опромінювання від кожного з джерел, повинні бути як можливо більш низькими, з повним врахуванням сучасних економічних та технічних можливостей (*принцип оптимізації*).

Радіаційна безпека та захист від випромінювання в умовах аврій зосновані на таких принципах [1, 2]:

- захисний захист має бути виправданим, отримана від захисних дій користь за рахунок відвернутої дози опромінювання має бути більше ніж сумарна шкода від захисних дій (медична, економічна, соціальна, психологічна, матеріальна) (*принцип виправданості*);
- обов'язково застосовуються всі можливі захисні заходи для зниження індивідуальних доз до рівню, який нижчий за визначений поріг детерміністичних ефектів, особливо за поріг клінічних гострих радіаційних проявів (*принцип неперевищення*);
- вибирається такий захисний захід (або декілька заходів), щоб різниця між користю та сумарною шкодою від захисних дій була максимально можливою у порівнянні з іншими можливими рішеннями (*принцип оптимізації*).

Для позначення небезпеки радіаційного ураження застосовується спеціальний знак (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Знак радіаційної безпеки



Рисунок 1.2 – Новий знак радіаційної небезпеки

Міжнародний умовний знак радіаційної небезпеки («трилисник», «вентилятор») має форму трьох секторів шириною  $60^\circ$ , розставлених на  $120^\circ$  один відносно одного, з невеликим кругом в центрі. Виконується чорним кольором на жовтому фоні. У таблиці символів Юнікод є символ знаку радіаційної небезпеки — ☸ (U+0x2622) [1].

У 2007 році був прийнятий новий знак радіаційної небезпеки (рис. 1.2), в якому «трилисник» доповнений знаками «смертельно» («череп з кістками») і «вирушай!» (силует чоловічка, що біжить, і вказуюча стрілка). Новий знак покликаний стати зрозумілішим для тих, хто не знайомий із значенням традиційного «трилисника».

## 2 ОСНОВНІ ТЕРМІНИ, ПОНЯТТЯ, УМОВНІ

### ПОЗНАЧЕННЯ, ВЕЛИЧИНИ ТА ОДИНИЦІ

#### 2.1 Основні терміни [1]

**Аварійне опромінювання** - підвищення опромінювання персоналу або населення, що непередбачене, в наслідок *радіаційної аварії*.

**Аварійний план** - план дій на будь-якому об'єкті, пов'язаному з радіаційно-ядерними технологіями, у випадку аварії.

**Аварія глобальна** - комунальна радіаційна аварія, що впливає на значну частину території даної країни та її населення.

**Аварія комунальна** - радіаційна аварія, що впливає не тільки на промисловий об'єкт, а і на суміжні з ним території, де мешкають люди, які можуть зазнавати опромінювання.

**Аварія локальна** - комунальна радіаційна аварія, в зоні якої проживає населення загальною чисельністю до десяти тисяч.

**Аварія промислова** - радіаційна аварія, дія якої не виходить за межі території проммайданчика об'єкту та виробничих приміщень, аварійне опромінювання впливає лише на персонал.

**Аварія радіаційна** – такий інцидент на об'єкті, де застосовується радіаційна чи радіаційно-ядерна технологія, при виникненні якого мають місце такі умови:

- над джерелом випромінювання втрачається регулюючий контроль;
- виникає реальне опромінювання персоналу, або можливе потенційне опромінювання.

**Аварія радіаційно-ядерна** - інцидент на об'єкті, де застосовується радіаційно-ядерна технологія, при якому втрачається контроль над ланцюговою ядерною реакцією і виникає загроза ланцюгової самочинної реакції.

**Аварія регіональна** - радіаційна комунальна аварія, при якій в зоні аварії опиняються територія з загальною чисельністю населення більше 10 тис. чоловік.

**Аварія транскордонна** - радіаційна глобальна аварія, зона дії якої виходить за межі державних кордонів даної країни.

**Активність** - відношення кількості спонтанних перетворень ядер (розпадів)  $dN$  за інтервал часу  $dt$

$$A = dN / dt$$

Одиниця вимірювання у системі СІ- Беккерель (Бк) – одне перетворення (розпад) у секунду.

**Альфа-випромінювання ( $\alpha$ -випромінювання)** – потік  $\alpha$ -частинок, тобто позитивно заряджених ядер гелію; джерела - радіоактивний розпад та при ядерні реакції.

**Атомна електрична станція (АЕС)** - атомна станція що виробляє електроенергію.

**Атомна станція (АС)** - станція, що використовує ядерний реактор для виробництва електричної або теплової енергії.

**Атомна станція теплопостачання (АСТ)** - атомна станція, що виробляє енергію для нагріву води.

**Атомна теплоелектроцентрально (АТЕС)** - атомна станція, що виробляє електро- та теплову енергію.

**Безпосереднє іонізуюче випромінювання** - випромінювання, що складається з заряджених частинок (протонів, електронів, альфа-частинок та ін.), з кінетичною енергією, що достатня для іонізації атомів речовини.

**Бета-випромінювання (β-випромінювання)** - корпускулярне електронне ( $\beta^-$ ) або позитронне ( $\beta^+$ ) іонізуюче випромінювання, що виникає при перетвореннях ядер чи нестабільних частинок.

**Відвернута доза** – зменшення дози випромінювання, внаслідок застосування контрзаходу (захисного заходу) ; це різниця між дозою без застосування заходу і дозою після його застосування.

**Відкладення** - кількість радіоактивного аерозолю, який залишається в органах дихання. Після відкладення у легенях та бронхах відбувається перерозподіл радіонуклідів, перенос у кров та інші рідини тіла.

**Внутрішнє опромінювання** - опромінювання тіла та окремих тканин і органів від радіоактивних речовин, що знаходяться в тілі.

**Втручання** – діяльність, спрямована на зниження та відвернення іонізуючого опромінювання або зниження його імовірності:

- в ситуаціях радіаційних аварій (гострого випромінювання, короткочасного або хронічного);
- в ситуаціях опромінювання від техногенно підсилених джерел, що мають природне походження;
- в інших ситуаціях тимчасового опромінювання, які вимагають втручання.

**Втручання безумовно виправдане** - втручання, коли користь для здоров'я від його застосування набагато перевищує той збиток, яким втручання супроводжується.

**Втручання безумовно виправдане екстрене** - втручання безумовно виправдане, що запобігає виникненню гострих проявлень радіаційного ураження: гострої променевої хвороби, променевих опіків тощо.

**Втручання виправдане** - втручання, коли користь для здоров'я від його застосування перевищує той збиток, яким втручання супроводжується.

**Втручання невиправдане** - втручання, коли що користь для здоров'я від його застосування не перевищує той збиток, яким втручання супроводжується.

**Газо-аерозольний викид (викид)** - викид до атмосфери радіоактивних речовин з технологічних агрегатів, систем вентиляції, інших систем підприємства.

**Гальмівне випромінювання** - електромагнітне короткохвильове випромінювання, що має місце при гальмуванні зарядженої частинки з високою енергією в речовині. **Гальмівне випромінювання** має безперервний спектр. До нього належать: рентгенівське гальмівне випромінювання (у рентгенівській трубці), гальмівне гама-випромінювання електронів у прискорювачі.

**Гамма-випромінювання ( $\gamma$ -випромінювання)** - електромагнітне випромінювання з найменшою довжиною хвилі ( $\lambda < 0,1$  нм); виникає при ядерних реакціях та розпаді радіоактивних ядер, при розпаді та елементарних частинок, тощо.

**Джерело іонізуючого випромінювання** – природний або штучний об'єкт, в якому знаходиться радіоактивна речовина, або технічний пристрій, що генерує, чи здатний генерувати іонізуюче випромінювання.

**Доза в органі ( $D_T$ )** - поглинена доза в органі чи тканині (середня), розрахована за формулою:

$$D_T = \epsilon_T / m_T \quad (2.1)$$

де  $\epsilon_T$  — поглинена доза в органі людини чи у тканині;

$m_T$  - маса цього органа чи тканини.

**Доза еквівалентна ( $H_T$ )** – враховує чуттєвість організму до випромінювань різних видів:

$$H_T = D_T \cdot W_R, \quad (2.2)$$

Де  $D_T$  - поглинена доза;  $W_R$  - радіаційний зважувачий фактор.

Одиниця вимірювання еквівалентної дози у системі СІ - зіверт (Зв). 1 Зв = 100 бер.

**Доза ефективна ( $E$ )** - враховує чуттєвість різних органів та тканин організму до іонізуючого випромінювання, визначається як сума добутків еквівалентної дози  $H_T$  в органі або тканині  $T$  на тканинний зважувачий фактор  $W_T$ :

$$E = \sum H_T \cdot W_T \quad (2.3)$$

Одиниця вимірювання – зіверт.

Це поняття застосовується, коли значення еквівалентних доз нижче порогу виникнення в організмі детерміністичних ефектів.

**Доза колективна еквівалентна** знаходиться як сума еквівалентних доз певної групи населення чи персоналу за визначений період часу

$$S_T = \int_0^{\infty} H_T \frac{dN}{dH_T} dH_T \quad (2.4)$$

або сума добутків ефективних доз  $H$  на кількість осіб у групах  $N$ , якщо колектив складається з декілька груп людей:

$$S_T = \sum_i H_{T,i} N_i \quad (2.5)$$

Одиниця вимірювання - людино-зіверт (люд.-Зв).

**Доза колективна ефективна** – теж саме, що попередня величина, але замість еквівалентних доз мають братися відповідні ефективні дози. За одиницю вимірювання теж прийнято людино-зіверт (люд.-Зв).

**Доза на одиницю концентрації** (об'ємної),  $g_\tau$ , в повітрі чи питній воді - доза внутрішнього опромінення (ефективна), що розраховується за формулою:

$$g_\tau = e_\tau \cdot V_\tau, \quad (2.6)$$

де  $V_\tau$ - об'єм повітря, що вдихається людиною на протязі року або об'єм споживаної питної води для осіб з референтним віком  $\tau$ .

**Доза на одиницю перорального/інгаляційного надходження** ( $e_\tau$ ) - ефективна доза на протязі року, яка має місце при надходженні до організму через органи дихання, або з водою чи їжею, радіонуклідів з активністю 1 Бк для одного з референтних віків  $\tau$ .

**Доза питома максимальна еквівалентна** – знаходиться за формулою: відношення потужності максимальної еквівалентної дози в органі (в усьому тілі) до

$$h_m = H_m / \varphi, \quad (2.7)$$

де  $H_m$  – максимальна еквівалентна доза в тілі (або в окремому органі);

$\varphi$  – щільність потоку частинок або фотонів.

**Дозовий рівень виключення "де мінімум" (deminimus)**- пороговий рівень, нижче якого реєстрація і облік не здійснюється.

**Допустимий викид (ДВ)** – максимально допустимий рівень газового або аерозольного викиду, тобто такий, при якому сума ефективних доз на протязі року людини з критичної групи населення, якщо враховувати всі радіонукліди, що є у викиді, не перевищує норму.



**Допустима концентрація в питній воді** ( $ДК_B^{ingest}$ ) – максимальна концентрація радіонуклідів в питній воді, при якій ліміт дози не перевищується для кожного з референтних віків населення.

**Допустима концентрація в повітрі** ( $ДК_A^{inhal}$ ,  $ДК_B^{inhal}$ ,  $ДК_V^{inhal}$  або в загальному випадку  $ДК^{inhal}$ ) - максимальна концентрація радіонуклідів в повітрі, при якій ліміт дози не перевищується для кожного з референтних віків населення і для референтного віку «дорослий» для персоналу.

**Допустиме надходження через органи травлення** ( $ДН^{ingest}$ ) – максимально допустиме надходження радіоактивних речовин, при якому не перевищується ліміт дози для кожного з референтних віків населення.

**Допустиме надходження через органи дихання** ( $ДН_A^{inhal}$ ,  $ДН_B^{inhal}$ ,  $ДН_V^{inhal}$ , або в загальному випадку  $ДН^{inhal}$ ) - максимально допустиме надходження радіоактивних речовин при диханні, при якому не перевищується ліміт дози для кожного з референтних віків населення, або для референтного віку «дорослий» для персоналу.

**Допустимий рівень (ДР)** – максимально допустимий рівень надходження радіоактивних речовин в організм людини на протязі року, середніх за рік потужності еквівалентної дози, концентрації радіоактивних речовин в питній воді, повітрі, та їжі, щільності потоку часток тощо, для референтних умов, що розрахований із значень лімітів доз.

**Допустимий скид (ДС)** - максимально допустимий рівень скиду рідких речовин. Допустимий скид - це скид, при якому сумарна ефективна доза за рік представника критичної групи населення, за рахунок радіонуклідів, що є у скиді, не перевищує нормативну квоту ліміту дози. Контроль неперевикнення допустимого скиду, його порядок, встановлюється Головним державним санітарним лікарем України, а здійснюється службою радіаційного контролю підприємства (організації, установи), а також - органами Державного саннагляду.

**Допустима потужність дози (ДПД)** – максимально допустима потужність еквівалентної дози, середньої за рік, при зовнішньому опроміненні, якщо опромінюється все тіло людини. Вона розраховується як відношення ліміту дози (ЛД) до часу опромінення (t) на протязі календарного року:

$$ДПД = ЛД / t$$

(2.8)

Для персоналу категорії А значення  $t = 1700$  год., для персоналу категорії Б на підприємстві і в санітарно- захисній зоні  $t = 2000$  год., для населення (категорія В)  $t = 8800$  год.

**Допустиме радіоактивне забруднення поверхні (ДЗ)** – максимально допустиме забруднення, встановлене на рівні, що не допускає перевищення нормативного ліміту дози за рахунок забруднення радіонуклідами поверхні робочих приміщень, одягу, обладнання, засобів індивідуального захисту, шкіри для осіб категорії А та робочих поверхонь, спецодягу і шкіри для осіб (персоналу) категорії Б.

**Допустима щільність потоку часток (фотонів) (ДЩП)** - допустимий рівень середньої на протязі року щільності потоку частинок. Вона розраховується як відношення допустимої потужності дози, ДПД, до максимальної питомої дози  $h_m$  (Зв·см<sup>2</sup>/част.) від зовнішнього опромінення:

$$\text{ДЩП} = \text{ДПД} / h_m$$

(2.9)

Якщо опромінюється шкіра людини бета-опроміненням, для розрахунку ДПД застосовується основний ліміт дози для шкіри - 500 мЗв. Максимальна питома доза  $h_m$  розраховується для шару шкіри питомою масою 5 мг/см<sup>2</sup> під поверхневим шаром питомою масою 5 мг/см<sup>2</sup>. На долонях рук питома маса поверхневого шару шкіри - 40 мг/см<sup>2</sup>.

**Ефекти детерміністичні (нестохастичні)** - ефекти впливу на організм іонізуючого випромінювання, що виявляються тільки при перевищенні дозового порогу, тяжкість наслідків такого випромінювання залежить від величини отриманої еквівалентної дози (променева хвороба гостра, променеві опіки тощо).

**Ефекти стохастичні** - ефекти впливу на організм іонізуючого випромінювання,, що не мають порогів. Імовірність виникнення цих ефектів має місце при будь яких дозах і збільшується із ростом дози, у той час як відносна тяжкість їх виявлень від дози не залежить. До такого роду стохастичних ефектів належать новоутворення злоякісні (стохастичні соматичні ефекти) та зміни генетичні, що передаються нащадкам (спадкові ефекти).

**Збиток** - загальна сумарна міра всіх несприятливих ефектів від опромінювання людей (шкода здоров'ю від детерміністичних та стохастичних ефектів, збентеження і занепокоєності людей за здоров'я своє та своїх близьких і усі такі наслідки, що негативно сказуються на комфорті цих осіб і які пов'язані з будь якими обмеженнями внаслідок

самого опромінення та застосування відповідних заходів захисту) з врахуванням імовірності, скрутності та часу проявлення цих несприятливих ефектів.

**Зовнішнє опромінювання** - опромінювання тіла людини, його органів, від джерел іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза тілом.

**Зона аварії** - територія, на якій сталася радіаційна аварія, яка в залежності від її масштабів вимагає планування та проведення певних контрзаходів. Межі цієї зони у кожному конкретному випадку радіаційних аварій визначаються регулюючими органами держави (органами Державної влади України).

**Зона контрольована** - територія, в якій передбачається посилений дозиметричний контроль.

**Зона санітарно-захисна (СЗЗ)** – територія, що оточує радіаційно-ядерний об'єкт, де рівень іонізуючого опромінення людей за умов нормальної експлуатації може перевищити допустимий. В цій зоні забороняється проживання людей, будівництво житлових та суспільних будівель, встановлюються обмеження на діяльність, що не має відношення до радіаційно-ядерного об'єкту. У СЗЗ проводиться обов'язковий радіаційний контроль.

**Зона спостереження** - зона, на якій можливий вплив радіоактивних скидів рідких речовин та викидів до атмосфери радіаційно-ядерного об'єкта у випадку технічних інцидентів і аномалій. В цій зоні здійснюється моніторинг технологічних процесів з метою забезпечення радіаційної безпеки радіаційно-ядерного об'єкту.

**Ізотоп радіоактивний** - радіоактивні атоми одного елемента з однаковим числом протонів у ядрі, але з різним числом нейтронів; наприклад, ізотопи радіоактивного йоду - йод-125, йод -127, йод -129, йод -131, йод -132, йод -133 і т.д.

**Індустріальне джерело** - джерело іонізуючого випромінювання, що має штучне або природне походження, яке використовується у виробництві, науці, медицині та інших сферах діяльності з метою отримання матеріальної або іншої користі на всіх етапах від видобутку (створення) до захоронення (утилізації).

**Інкорпорований радіонуклід** – радіоактивна речовина, що надійшла до організму.

**Іонізуюче випромінювання** - електромагнітне чи корпускулярне випромінювання, яке при взаємодії з речовиною, на яку падає, безпосередньо або непрямо викликає іонізацію її атомів та молекул.

**Категорія А** - персонал об'єкту, що постійно чи тимчасово працює безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

**Категорія Б** - персонал об'єкту, що безпосередньо не зайнятий роботою з джерелами іонізуючого випромінювання, але робочі місця в промислових приміщеннях

та на майданчиках об'єктів розташовані так, що персонал може отримувати додаткове опромінювання.

**Категорія В** - населення, що не відноситься до категорій А чи Б.

**Квота ліміту дози** - частка ліміту дози опромінення для населення категорії В, яка виділяється для режиму нормальної експлуатації індустриального джерела:

Таблиця 2.1 – Квота ліміту дози

Джерело	Квота ліміту дози для всіх шляхів викидів		квота ліміту дози для скидів		Сумарна квота для окремого підприємства	
	%	мкЗв	%	мкЗв	%	мкЗв
АЕС, АСТ, АТЕЦ,	4%	40	1%	10	8%	80
уранові шахти, ПТЗ	2%	20	1%	10	4%	40
Заводи РТ	10%	100	5%	50	20%	200
індустриальне джерело референтне	4%	40	1%	10	8%	80

**Контрзахід** - будь-який захід, що знижує існуючі індивідуальні та колективні дози опромінення або зменшує його імовірність при виникненні аварії чи у ситуації хронічного опромінювання та зменшує шкоду здоров'ю, завдану радіаційною аварією чи хронічним опромінюванням.

**Контрзаходи екстрені** – захисні заходи, проведення яких має метою відвернення таких рівнів доз гострого та/або хронічного опромінення населення, які створюють загрозу виникнення клінічних гострих радіаційних проявів.

**Контрзаходи невідкладні** - захисні заходи, проведення яких має метою відвернення порогових детерміністичних ефектів.

**Контрзаходи непрямі** - захисні заходи, які самі по собі не призводять до запобігання індивідуальних або колективних доз опромінення населення, але зменшують величину збитку для здоров'я, пов'язаного з аварійним опромінюванням.

**Контрзаходи прямі** - захисні заходи, проведення яких призводить до запобігання індивідуальних або колективних доз аварійного опромінення населення.

**Контроль дозиметричний (радіаційно-дозиметричний)** - система вимірювань фізичних величин та розрахунків, яка спрямована на оцінку доз радіаційного опромінення осіб чи груп людей, а також радіаційного стану виробничого та навколишнього середовища.

**Контроль індивідуальний дозиметричний** - система вимірювань фізичних величин та розрахунків індивідуальних доз зовнішнього та внутрішнього опромінення персоналу категорій А і Б.

**Контроль радіаційно-гігієнічний** - контроль за дотриманням Норм радіаційної безпеки України та усіх пов'язаних з ними правил, регламентів, рекомендацій, інструкцій тощо, включаючи контроль рівнів радіаційного опромінення. Позавідомчий контроль здійснюється органами Державного саннагляду, відомчий контроль - відповідними службами радіаційної безпеки.

**Контроль регулюючий (радіаційний)** - контроль в межах практичної діяльності за виконанням нормативно-правових актів з радіаційної безпеки, санітарних норм роботи з радіонуклідами і джерелами іонізуючого випромінювання, інших регламентуючих нормативних документів. Контроль передбачає отримання відповідної інформації про рівні опромінення людей, радіаційну обстановку на об'єктах та в довкіллі.

**Контрольні рівні (КР) -радіаційно-гігієнічні регламенти, що відносяться до першої групи,** конкретні значення яких мають бути встановлені виходячи з реально досягнутого на цей час на об'єкті чи території радіаційного рівня. Величина контрольного рівню встановлюється керівництвом установи або місцевими органами Держадміністрації за узгодженням з органами Державного саннагляду з метою обмеження опромінення персоналу або населення не вище значень *лімітів доз*, а також для проведення *дозиметричного контролю*.

**Критична група** - частина населення, яка за своїми статевими, віковими, соціальними, професійними умовами, місцем роботи і проживання та іншими ознаками отримує або може отримувати найбільші рівні опромінення від джерела випромінювання.

**Ліміт дози** - основний норматив, що введений з метою обмеження опромінення населення і персоналу (категорії А, Б і В) від усіх промислових джерел іонізуючого випромінювання в усіх ситуаціях будь-якої діяльності. В нормах радіаційної безпеки України встановлені ліміти еквівалентної і ефективної дози.

**Медичне опромінювання** - опромінювання людини внаслідок медичних обстежень або лікування та *опромінювання добровольців*.

**Моніторинг аварійний (радіаційний)** - визначення та прогнозування вмісту радіоактивних речовин в об'єктах довкілля, воді, їжі, доз опромінення населення з метою здобуття інформації, потрібної для прийняття рішень щодо застосування відповідних контрзаходів та визначення їх форм, тривалості та масштабу.

**Моноенергетичне іонізуюче випромінювання** - випромінювання іонізуюче, яке складається з часток, що мають однакову енергію, чи фотонів з однаковою енергією.

**Надходження (в організм)** - потрапляння радіонуклідів в дихальну систему людини і до системи травлення.

**Надходження інгаляційне** - потрапляння радіонуклідів до органів дихання.

**Надходження пероральне** - проникнення радіонуклідів до системи травлення людини через рот.

**Надходження системне** - проникнення радіонуклідів в рідини тіла людини з дихальної системи та з органів травлення, або через шкіру.

**Найнижча межа виправданості (межа виправданості)** - величина відвернутої дози радіації, при якій *позитивний вплив* на здоров'я людей від введеного захисного заходу є практично рівним величині завданої цим *заходом шкоди*.

**Непряме іонізуюче випромінювання** - іонізуюче випромінювання, що складається з електромагнітних квантів (фотонів) або незаряджених часток, які внаслідок взаємодії з речовиною генерують *безпосереднє іонізуюче випромінювання*.

**Обмеження вживання** – обмеження використання забруднених радіонуклідами води та їжі - довгостроковий захисний захід, який може застосовуватися як на ранній, так і на пізній фазах аварії.

**Опромінювання** - вплив на організм людини іонізуючого випромінювання від будь-яких джерел, що знаходяться поза тілу людини (опромінювання зовнішнє), або від джерел, що знаходяться всередині організму (опромінювання внутрішнє).

**Період напіврозпаду** - характеристика радіоактивної речовини - час, на протязі якого число ядер даної речовини зменшується удвічі внаслідок спонтанних ядерних перетворень.

**Персонал аварійний** - персонал, що бере участь в роботах на об'єкті, де виникла радіаційна аварія. Складається з *основного та залученого персоналу*.

**Персонал основний** - аварійний *персонал* об'єкту, де виникла радіаційна аварія, члени спеціально підготовлених аварійних бригад. До останніх входять: медичні бригади швидкого реагування, дозиметричні аварійні групи, пожежні команди, які спеціально були підготовлені для робіт в умовах радіаційної аварії, бригади ремонтних і відновлювальних робіт та інші подібні підрозділи.

**Персонал залучений** - залучений до аварійних робіт персонал, наперед навчений та інформований про радіаційну обстановку в місці виконання робіт.

**Питома активність радіонукліда** - відношення активності радіонукліда  $A$  у радіоактивному джерелі до його маси  $m$ :

$$A_m = A / m \quad (2.10)$$

Одиниця вимірювання –Бк/кг<sup>г</sup> .

**Поверхнева активність радіонукліда** - відношення активності радіонукліда, який знаходиться на поверхні радіоактивного джерела, до площі його поверхні В:

$$A_B = A / B \quad (2.11)$$

Одиниця вимірювання –Бк/м<sup>2</sup>.

**Потенційна альфа-енергія** - сумарна енергія альфа-частинок, що виділяється при повному розпаді суміші дочірніх продуктів розпаду радону з малим періодом напіврозпаду (полонію-218, полонію-214, вісмуту-214 і свинцю-214).

**Принцип виправданості** - принцип радіологічного захисту. Він вимагає, щоб отримана від будь-якої людської діяльності користь перевищувала пов'язаний з цією діяльністю сумарний збиток для людини або суспільства.

**Принцип обмеження** - принцип радіологічного захисту. Він вимагає обмеження, тобто неперевикнення величин опромінення, пов'язаних з будь-якою людською діяльністю, встановлених нормативних рівнів.

**Принцип оптимізації** - принцип радіологічного захисту. Він вимагає, щоб користь від будь-якої людської діяльності не тільки перевищувала пов'язаний з нею збиток, але й була максимально можливою.

**Природний радіаційний фон** - випромінювання, що створюються космічними джерелами та теригенними (породженими Землею) радіоактивними речовинами. Зменшення рівня опромінювання цими джерелами є недоцільним (як правило).

**Пристрій для генерування іонізуючого випромінювання** (джерело нерадіонуклідне) - технічний пристрій (рентгенівська трубка, генератор, прискорювач, тощо), що генерує іонізуюче випромінювання без участі радіоактивних речовин, за рахунок гальмування заряджених частинок, ядерних реакцій чи анігіляції елементарних частинок.

**Протирадіаційний захист** - сукупність заходів (нормативно-правових, проектних, конструкторських, технічних і організаційних), що забезпечують радіаційну безпеку.

**Радіаційна безпека** - стан радіаційно-ядерних об'єктів та довкілля, при якому забезпечено неперевикнення основних норм (дозових лімітів), виключення не виправданого опромінення і зменшення доз опромінення персоналу та населення як можна нижче за встановлені дозові ліміти (наскільки це можливо технічно і економічно доцільно).

**Радіаційний зважуючий фактор** - коефіцієнт, що показує, у скільки разів біологічний ефект впливу даного випромінювання відрізняється від рівного по поглиненій дозі ефекту впливу гамма-промінів

Таблиця 2.2 Радіаційні зважуючі фактори,  $W_R$

Вид випромінювання	$W_R$
Фотони	1
Електрони та мюони	1
Протони з енергією > 2 MeV	5
Нейтрони з енергією < 10 keV	5
те ж, з енергією 10-100 keV	10
те ж, з енергією від 100 keV до 2 MeV	20
те ж, з енергією 2-20 MeV	10
те ж, з енергією > 20 MeV	5
Альфа-випромінювання та важкі ядра віддачі	20

**Радіаційний ризик** - імовірність того, що у певної людини внаслідок іонізуючого опромінювання виникне стохастичний ефект.

**Радіаційний фактор** - будь-який тип радіаційного впливу на населення, персонал, довкілля, який приводить або може призвести до опромінення людей або радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

**Радіаційно-ядерний об'єкт** – пристрої, споруди та речовини що містять або можуть вміщувати ядерні матеріали чи джерела іонізуючого випромінювання. До таких об'єктів належать: ядерні реактори (енергетичні, промислові, експериментальні, дослідні), обладнання, пристрої, стенди, установки, прилади, сховища, склади, транспортні засоби, а також виробництва, електростанції, технологічні комплекси, які використовують перелічені технічні засоби, у тому числі пов'язані з розробкою, виробництвом, випробуванням, дослідженням, транспортуванням, переробкою та збереженням вибухових ядерних пристроїв.

**Радіоактивність** - здатність атомів радіоактивних елементів спонтанно перетворюватися в атоми інших елементів (радіоактивних або ні) внаслідок переходу ядра атому з одного енергетичного стану в інший, що супроводжується іонізуючим випромінюванням.



**Радіоактивне забруднення** - розповсюдження або наявність радіоактивних речовин понад їх природного вмісту в довкіллі та/або у тілі людини.

**Регламент радіаційно-гігієнічний** - затверджені правила, умови, критерії для прийняття рішення (у тому числі у формі нормативів, контрольних рівнів тощо), а також засоби і методи вимірювань, що забезпечують єдність та однозначність вимог радіаційної безпеки та засобів радіаційного контролю.

**Рекомендований граничний рівень медичного опромінювання** - величина дози, потужності дози чи активності радіонукліду, що встановлюється Міністерством охорони здоров'я України для рентгенологічних і радіологічних терапевтичних та діагностичних процедур з урахуванням досягнутого вітчизняного і світового технічного та методичного рівня.

**Рентгенівське проміння** – потік електромагнітних хвиль з малою довжиною. Генерується при гальмуванні електронів з високою енергією в речовині (гальмівне випромінювання), та при переході електронів з зовнішніх електронних оболонок атому на внутрішні (характеристичне випромінювання). Джерелами рентгенівського випромінювання є рентгенівські трубки, радіонукліди, прискорювачі частинок та накопичувачі електронів.

**Референтна людина** - набір параметрів математичного моделювання організму людини, що залежать від її віку, розроблений для радіаційно-гігієнічного нормування опромінювання.

**Референтне значення** - таке значення (величини, параметру тощо), яке використовується для узагальнення властивостей, пов'язаних із професійною, віковою та статеву структурою населення, умовами діяльності і проживання та іншими характеристиками життєдіяльності людини і довкілля.

**Референтне індустриальне джерело** - умовне стандартне джерело іонізуючого опромінювання. Використовується з метою радіаційно-гігієнічного нормування.

**Референтний вік (РВ)** - один з нормованих періодів життя людини, що застосовуються у системі нормування опромінювання:

Таблиця 2.3

Референтний вік	Вік, що використовується при моделюванні метаболічних процесів	Допустимо застосування розрахованих доз до групи за віком
3 місяці	100 діб	≤ 12 місяців
1 рік	1 рік	1...2 роки
5 років	5 років	2 ... 7 років
10 років	10 років	7 ... 12 років
15 років	15 років	12 ... 17 років
Дорослий	25 років – для радіонуклідів остеотропних; 20 років - для інших радіонуклідів	> 17 років

Якщо нормується опромінювання всього населення розглядаються всі референтні вікі, якщо нормується опромінювання персоналу, тобто категорії А і Б - тільки референтний вік "Дорослий".

**Референтний клас відкладення газів та пари** - клас газу чи пари, що вдихаються людиною, відносно здатності відкладуватися у дихальній системі, у відповідності до їх реактивності та розчинності:

Клас БЯ-О - неактивні і нерозчинні. В дихальній системі людини відкладення зневажливо мале.

Клас БЯ-І - реактивні або розчинні. Частково або повністю відкладаються у дихальній системі людини з наступним поступовим переносом до рідин тіла.

Клас БЯ-2 - високої ступені реактивні або розчинні. Повністю відкладаються у дихальній системі людини з з дуже швидким переносом до рідин тіла.

**Референтний тип** - стандартний тип фізико-хімічних станів речовин, що вдихаються людиною. Тип визначається швидкістю переходу з легенів до рідин тілу. Класифікація референтних типів:

Тип V (VeryFast) - речовини, що відкладаються у дихальній системі людини та практично миттєво переносяться до рідин тілу.

Тип F (Fast) - речовини, що відкладаються у дихальній системі людини та швидко переносяться до рідин тілу.

Тип M (Moderate) - речовини, що відкладаються у дихальній системі людини та переносяться до рідин тілу із середньою швидкістю.

Тип S (Slow) - речовини, що відкладаються у дихальній системі людини та повільно переносяться до рідин тілу

**Референтна тривалість опромінювання** - сумарна тривалість зовнішнього опромінювання і надходження радіонуклідів протягом одного року.

Таблиця 2.4

Референтний вік	Зміс.	1 рік	5 років	10 років	15 років	"Дорослий"	
						А, Б	В
Тривалість, годин	8760	8760	8760	8760	8760	1700	8760

**Ризик** - імовірність отримати шкоду внаслідок небезпечних подій, наприклад, внаслідок опромінювання. Розраховується як відношення кількості небажаних випадків до їх максимально можливої кількості.

**Рівень виправданості** - така мінімальна величина відвернутої дози опромінювання, що *користь* від даного контрзаходу виявиться менше, ніж завданий цим втручанням *збиток*.

**Рівень втручання** - мінімальне значення відвернутої дози, при перевищенні якого необхідно застосовувати певний *контрзахід* у випадку хронічного чи аварійного опромінення.

**Рівень дії** - величина, що розраховується на основі прийнятих рівнів втручання. Вона виражається у одиницях таких величин, що характеризують радіаційну обстановку, які можуть бути у даному випадку виміряні: потужність експозиційної чи поглинутої дози в повітрі; об'ємна питома активність радіонуклідів в повітрі; концентрація радіонуклідів в продуктах харчування чи у воді; щільність випадіння радіонуклідів на ґрунт тощо.

**Рівень дози залишковий (невідвернутий)** - частина дози від певного аварійного джерела опромінення, яка зостається після реалізації контрзаходу.

**Рівень прийняттого опромінення** - рівень дози опромінення, який вважається прийнятним (відносно безпечним) з точки зору впливу на здоров'я людини.

**Рідинний скид (скид)** – скид до доквілля (різного типу водоймищ) радіоактивних речовин промислового походження зі стічними водами.

**Річна ефективна доза (РЕД)** - сума ефективної дози зовнішнього опромінення протягом року і очікуваної дози внутрішнього опромінення, завдяки надходженню радіонуклідів в організм протягом року. Очікувана доза внутрішнього опромінювання розраховується за такий період:

- для референтного віку "Дорослий" - 50 років;

- для інших референтних віків – різниця між віком 70 років і моментом надходження радіонукліду до організму (використовується значення референтного віку).

**Техногенно-підсилені джерела природного походження (ТПДПП)** - джерела іонізуючого випромінювання, що мають природне походження, однак в результаті виробничої і господарської діяльності були концентровані чи збільшилася їхня доступність для населення. Внаслідок цього утворилося додаткове до природного радіаційного фону іонізуюче опромінювання.

**Тканинний зважуючий фактор** - коефіцієнт, який враховує чуттєвість певного органу або тканини до опромінювання. Більше значення коефіцієнту відповідає більшій чуттєвості. Цей фактор, значення якого наведені в таблиці, використовується при розрахунку ефективної дози:

Таблиця 2.5 Тканинні зважуючі фактори,  $W_T$

Тканина або орган	$W_T$
Статеві органи	0.20
Кістковий мозок (червоний)	0.12
Товста кишка	0.12
Легені	0.12
Шлунок	0.12
Сечовий міхур	0.05
Молочні залози	0.05
Печінка	0.05
Стравохід	0.05
Щитовидна залоза	0.05
Шкіра	0.01
Поверхня кістки	0.01
Інші органи	0.05

**Фаза аварії рання (гостра)** - період радіаційної аварії, що може тривати від декількох годин до двох місяців після виникнення аварії, при цьому відбуваються такі події:

- (а) газові та аерозольні викиди до атмосфери з аварійного джерела і скиди рідин, що містять радіоактивні речовини;
- (б) повітряне перенесення і інтенсивне наземне пересування радіоактивних речовин;
- (в) радіоактивні атмосферні опади і виникнення радіоактивного сліду.

**Фаза аварії середня (фаза стабілізації)** - період радіаційної аварії, що починається після гострої фази і завершується через 1-2 роки після виникнення радіаційної аварії. На цій фазі відсутні радіоактивні ізотопи йоду і телуру, що мають короткий період напіврозпаду. Основні джерела *внутрішнього опромінювання* при цьому

– радіоактивні ізотопи стронцію і цезію, які потрапляють до організму з продуктами харчування, що вироблені на забруднених радіацією територіях.

**Фаза аварії пізня (фаза відновлення)** – період радіаційної аварії, що починається після фази стабілізації. У цій фазі основне джерело зовнішнього опромінення - цезій, що випав на ґрунт, а внутрішнього – цезій і стронцій в продуктах харчування, що вироблені на забруднених радіацією територіях.

**Фонове опромінювання** - опромінювання від природних джерел. Це опромінювання створює природний радіаційний фон.

**Фіксоване радіоактивне забруднення поверхні (що не знімається)** - частка забруднення певних поверхонь (обладнання, одягу, підлоги тощо). Радіонукліди, що створюють це забруднення, не переходять в навколишнє середовище ні при яких умовах експлуатації і не можуть бути видаленими методами дезактивації.

**Характеристичне випромінювання** - фотонне випромінювання – рентгенівське або гамма, що має дискретний енергетичний спектр.

**Шкода** - несприятливі ефекти для здоров'я конкретної особи чи групи людей, що спостерігаються клінічно. Сюди відносяться детерміністичні і стохастичні ефекти.

**Ядерний матеріал** - природний або спеціально створений матеріал, що розщеплюється за схемою ланцюгової ядерної реакції в технологічних умовах.

## 2.2 Умовні позначення

$A$  - активність

$A_m$  - активність питома

$A_s$  - активність поверхнева

$D_T$  - доза в органі

$De$  - рівень виключення дозовий

$e_\tau$  - доза, що розрахована на одиницю перорального або інгаляційного надходження

$g_\tau$  - доза, що розрахована на одиницю концентрації (об'ємної) в питній воді або у повітрі

$H_{lens}$  - доза річна еквівалентна у кришталику ока

$H_{skin}$  - доза річна еквівалентна у шкірі

$H_{extrim}$  - доза річна еквівалентна в кистях рук і стопах ніг

$H_T$  - еквівалентна доза в органі T

$E$  - ефективна доза

$E_{ext}$  - доза ефективна зовнішнього опромінення;

$h_m$  - доза питома еквівалентна максимальна  
 $S$  - доза ефективна колективна  
 $S_T$  - доза еквівалентна колективна  
 $W_R$  - радіаційний зважуючий фактор  
 $W_T$  - тканинний зважуючий фактор  
 $\tau$  - вік референтний  
 $АЕС$  - атомна електрична станція  
 $АС$  - атомна станція  
 $АСТ$  - атомна станція тепlopостачання  
 $АТЕЦ$  - атомна теплова електрична централь  
 $ДК^{inhal}$  - концентрація радіонукліду в повітрі допустима  
 $ДК^{ingest}$  - концентрація радіонукліду в питній воді допустима  
 $ДН^{ingest}$  - надходження радіонукліду через систему травлення допустиме  
 $ДН^{inhal}$  - надходження радіонукліду через систему дихання допустиме  
 $ДПД$  - потужність дози допустима  
 $ДВ$  - викид допустимий  
 $ДР$  - рівень допустимий  
 $ДС$  - скид допустимий  
 $ДЩП$  - щільність потоку часток або фотонів допустима  
 $ЛД$  - ліміт дози  
 $ЛД_E$  - ліміт дози ефективної  
 $ЛД_{extrim}$  - ліміт дози еквівалентної для кистей рук та стіп ніг  
 $ЛД_{lens}$  - ліміт дози еквівалентної для кришталіка ока  
 $ЛД_{skin}$  - ліміт дози еквівалентної для шкіри  
 $КР$  - рівень контрольний  
 $РЕД$  - доза ефективна річна  
 $РТ$  - технології радіохімічні  
 $СЗЗ$  - санітарно-захисна зона  
 $ТПДПП$  - техногенно-підсилені джерела природного походження

### 2.3 Величини, що характеризують радіацію, та одиниці їх виміру

**Беккерель** - одиниця виміру активності у системі СІ (Бк), що дорівнює одному ядерному розпаду (перетворенню) у секунду.  $1 \text{ Бк} = 0,027 \text{ нКі}$ .

**Бер** - біологічний еквівалент рада - одиниця дози еквівалентної чи ефективної (позасистемна).  $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв} = 0,01 \text{ Дж/кг}$ .

**Грей (Гр)** - одиниця виміру дози поглиненої у системі СІ. Позасистемною одиницею, що часто використовується, є рад (см.).

**Зіверт (Зв)** - одиниця дози ефективної і еквівалентної у системі СІ. Позасистемною одиницею, що часто використовується, є бер.  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ .

**Кюрі (Кі)** - одиниця активності радіонукліда (позасистемна). За 1 Кі було взято активність 1 г радію-226,  $1 \text{ Кі} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

**Рад** - одиниця виміру поглиненої дози іонізуючого випромінювання (позасистемна). 1 рад відповідає енергії випромінювання 100 ерг, що була поглинена масою речовини 1 г.  $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}$ .

**Рентген** – позасистемна одиниця виміру експозиційної дози рентгенівського або гамма- випромінювання, при проходженні якого крізь  $1 \text{ см}^3$  сухого повітря при температурі 273 К і тиску 101,3 кПа, у результаті процесів іонізації, в повітрі створюються іони зарядом 1 електростатична одиниця кількості електрики для кожного знаку.

**Електрон-вольт (еВ)** - одиниця енергії іонізуючого випромінювання (позасистемна).  $1 \text{ еВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .