

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ГОЛОВНИЙ ДЕРЖАВНИЙ САНІТАРНИЙ ЛІКАР УКРАЇНИ

Затверджено  
Постанова Головного  
державного санітарного  
лікаря України  
12.07.2000 N 116

**Норми радіаційної безпеки України  
доповнення: Радіаційний захист  
від джерел потенційного опромінення  
(НРБУ-97/Д-2000)**

6. Радіаційна гігієна.

6.1. Іонізуюче випромінювання, радіаційна безпека.

6.2. Природна радіоактивність.

6.3. Джерела іонізуючого випромінювання в медицині.

6.4. Джерела іонізуючого випромінювання в народному господарстві.

6.5. Атомна енергетика та випромінювання.

**Державні гігієнічні нормативи  
ДГН 6.6.1. - 6.5.061-2000**

**Спадкоємність та новизна**

Даний документ: "Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення" доповнює та розширює сферу дії "[Норм](#) радіаційної безпеки України" (НРБУ-97), залучаючи до системи радіаційно-гігієнічного регламентування джерела потенційного опромінення. Таким чином, збережено спадкоємність і загальна логічна структура гігієнічного нормування в галузі радіаційної гігієни.

Відповідно до цього встановлено і повну назву цього документа: "Норми радіаційної безпеки України; доповнення: "Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення" (або у формі аббревіатури: "НРБУ-97/Д-2000"). Від моменту його затвердження Міністерством охорони здоров'я України на НРБУ-97/Д-2000 поширюються усі передбачені для НРБУ-97 умови застосування:

- правовий статус документа;
- ареал застосування;
- термінологія;
- обов'язковість виконання усіма фізичними та юридичними (незалежно від форми власності) особами, які діють на території України;
- нерозповсюдження положень документа на ситуації опромінення від природного радіаційного фону, а також опромінення в умовах повного звільнення практичної діяльності (джерел іонізуючого випромінювання) із сфери санітарного нагляду.

НРБУ-97/Д-2000 використовує найновіші досягнення, накопичені світовим співтовариством у галузі радіаційного захисту від потенційного опромінення (і, зокрема, при поводженні з радіоактивними відходами), узагальнені в Публікаціях МКРЗ (46, 60, 64, 76, 77, 81), МАГАТЕ, в Директивах Євратому та матеріалах НКРЗ США.

У даний документ введено наступні нові положення:

- концепція потенційного опромінення;
- чотири групи джерел потенційного опромінення;
- система регламентів, що містить референтні рівні доз і ризиків потенційного опромінення, а також референтні ймовірності критичних подій;
- класифікація радіоактивних відходів, яка відповідає вимогам Закону України "Про поводження з радіоактивними відходами" ( [255/95-ВР](#) ), 1995.

### **Абревіатури, терміни, визначення**

МАГАТЕ - Міжнародне Агентство з Атомної Енергії.

МКРЗ - Міжнародна Комісія з Радіологічного Захисту.

[НРБУ-97](#) - Норми радіаційної безпеки України, 1997 р.

ОСПУ-2000 - Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України. 200

ОУ - Об'єкт "Укриття".

СППРВ - Санітарні правила поводження з радіоактивними відходами.

РАВ - радіоактивні відходи.

Відмова системи - порушення її нормального функціонування, яке полягає у тому, що реалізувалася хоча б одна з наступних подій:

- не виконуються передбачені проектом послідовності операцій;
- не досягається проектний результат (мета) протягом передбаченого проектом часу;
- не зберігаються передбачені проектом параметри, властивості, характеристики системи або окремих її елементів, вузлів, підсистем.

Групи джерел потенційного опромінення:

Перша група - Джерела потенційного опромінення, що можуть призвести до опромінення окремого індивіда або невеликої групи людей.

Друга група - Джерела потенційного опромінення, пов'язані з радіаційною аварією, наслідками якої можуть стати опромінення значних контингентів населення та/або радіоактивне забруднення об'єктів довкілля.

Третя група - Джерела потенційного опромінення, реалізація яких пов'язана з подіями, які можуть відбутися у майбутньому (в тому числі віддаленому) на звільнених від санітарного нагляду об'єктах в результаті природних аномальних процесів та катастроф, а також ненавмисного втручання людини, через що під опромінення може підпасти населення, що проживає в момент цієї події.

Четверта група - Джерела потенційного опромінення пацієнтів, яким проводять радіотерапевтичні та радіо-діагностичні процедури.

Дерево відмов - модель, що застосовується для побудови логічної структури сценаріїв та оцінки ймовірностей критичних подій (у тому числі часткових критичних подій). В моделі "дерево відмов" розгляд починається з певної критичної події (це може бути й часткова критична подія) і далі аналізуються послідовно-паралельні ланцюги проміжних відмов (разом з імовірностями їхнього виникнення), які можуть спричинити критичну подію, що розглядається.

Дерево подій - модель, що застосовується для побудови логічної структури сценаріїв та оцінки ймовірностей критичних подій (у тому числі, часткових критичних подій). Модель типу "дерево подій" використовує початкову подію в якості вихідної (початкової) позиції розвитку сценарію критичної події. Далі, через послідовно-паралельні ланцюги проміжних подій, виникнення яких характеризується значеннями ймовірності їхнього виникнення, оцінюється ймовірність реалізації кінцевої окремої критичної події.

Джерело іонізуючого випромінювання (джерело випромінювання) - об'єкт, який містить радіоактивну речовину або технічний пристрій, що створює або в певних умовах здатний створювати іонізуюче випромінювання. На стадії проектування будь-якої практичної діяльності джерело іонізуючого випромінювання розглядається як джерело як поточного, так і потенційного опромінення.

Довгоіснуючі радіоактивні відходи - див. радіоактивні відходи.

Доза потенційного опромінення - доза опромінення персоналу або населення, яка є результатом реалізації критичної події.

Захоронення глибинне (у стабільних геологічних формаціях) - вид захоронення РАВ, що використовує систему інженерних та природних бар'єрів, що розміщується на глибині сотень метрів від поверхні землі (і глибше), з метою тривалої (на період часу, порівняний з часом життя сотень майбутніх людських генерацій) ізоляції РАВ від попадання їх у біосферу.

Захоронення поверхневе (приповерхневе) - вид захоронення РАВ у спорудах, які розташовані на поверхні або у поверхневих шарах землі, коли товща захисного покриття складає декілька метрів, або захоронення у печерах на глибині декількох десятків метрів від поверхні землі.

Захоронення радіоактивних відходів - розміщення РАВ у об'єкті, призначеному для поводження з радіоактивними відходами без намірів їхнього використання. В рамках прийнятої в даному документі підрозділу видів збереження РАВ, наведеному загальному визначенню захоронення, РАВ відповідає: захоронення РАВ - це такий вид постійного збереження РАВ, при якому використання їх у будь-яких сучасних або майбутніх технологічних процесах неможливе.

Збереження радіоактивних відходів - частина проектного технологічного процесу поводження з РАВ, яка передбачає розміщення РАВ в межах інженерної споруди, що відвертає проникнення радіоактивних речовин у довкілля в кількостях, що перевищують встановлені для даного об'єкту значення допустимих газо-аерозольних викидів та водних скидів. Збереження РАВ поділяється на їхнє зберігання та захоронення.

Зберігання - вид тимчасового збереження РАВ. При цьому тимчасовий характер зумовлено тим, що або проектною технологією передбачене попереднє зберігання РАВ протягом певного терміну, або необхідність тимчасового збереження РАВ виникла при ліквідації (мінімізації) наслідків аварії.

Звільнення - звільнення (обмежене або повне) практичної діяльності або джерела іонізуючого випромінювання у рамках практичної діяльності від санітарного нагляду з боку органу Державного регулювання - Державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

~ обмежене - непоширення окремих положень, вимог санітарного законодавства та видів санітарного нагляду на джерело, яке розглядається, або практичну діяльність.

~ обмежене РАВ у сховищах надається, якщо рівні вилучення за критерієм питомої активності, який встановлено ОСПУ, перевищені, однак гарантовано:

(а) неперевищення річної ефективної дози поточного опромінення критичної групи населення  $0,01 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$  та колективної річної ефективної дози поточного опромінення 1 люд.-Зв;

(б) неперевищення референтного дозового рівня Б потенційного опромінення ( $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ).

Якщо у разі виконання умови (а) величина потенційного опромінення виявляється в інтервалі між референтними рівнями Б та А ( $1-50 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ), на розсуд Держсанепідемслужби Міністерства охорони здоров'я України обмежене звільнення РАВ у сховищах може бути надане зі спеціальними вимогами, перелік яких встановлюється СППРВ або спеціальними документами, затвердженими центральними органами Державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

~ повне - непоширення всіх положень і вимог санітарного законодавства, а також видів санітарного нагляду на джерело, яке розглядається, або практичну діяльність.

~ повне РАВ у сховищах - надається за умов:

(а) неперевищення рівнів вилучення (за критерієм питомої активності), регламентованих ОСПУ, для кожного з радіонуклідів, які містяться в РАВ;

(б) неперевищення річної ефективної дози поточного опромінення критичної групи населення від нормально функціонуючого сховища ( $0,01 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ) та колективної річної ефективної дози поточного опромінення 1 люд.-Зв;

(в) неперевищення референтного рівня Б потенційного опромінення ( $1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ ).

- рівень - граничне значення радіоактивності, або радіоактивного забруднення, або дози поточного і потенційного опромінення, при неперевищенні яких радіоактивні відходи та РАВ у сховищах можуть бути звільнені (повністю або частково) від контролю з боку органів державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, а в рамках даного документа - з боку органів Державної санітарно-епідеміологічної служби.

Короткоіснуючі радіоактивні відходи - див. радіоактивні відходи.

Критична подія - подія, що безпосередньо спричиняє реалізацію потенційного опромінення. Критична подія може бути об'єднанням множин часткових критичних подій.

- окрема - подія, виникнення якої безпосередньо спричиняє реалізацію потенційного опромінення, у сукупності з іншими такими подіями визначається як критична подія.

- референтна ймовірність - значення ймовірності критичної події, яка забезпечує неперевищення референтних ризиків при різних рівнях доз потенційного опромінення.

Обмежене звільнення - див. звільнення.

Обмежене звільнення РАВ у сховищах - див. звільнення.

Опромінення - вплив на людину іонізуючого випромінювання від джерел, які перебувають поза організмом людини (зовнішнє опромінення), або від джерел, що перебувають всередині організму людини (внутрішнє опромінення).

- потенційне - опромінення персоналу та населення, яке розглядається при проектуванні практичної діяльності і яке реалізується безпосередньо після деякої непередбаченої нормальним технологічним процесом критичної події, ймовірність виникнення якої не перевищує  $1 \times 10^{-2}$  рік<sup>-1</sup>.

- поточне - заплановане опромінення персоналу та населення, яке у межах запланованого проектом технологічного процесу завжди супроводжує (або з високою ймовірністю може супроводжувати) практичну діяльність.

Органи державного регулювання ядерної і радіаційної безпеки - Міністерство охорони здоров'я України, Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, інші органи державної виконавчої влади згідно законодавства України(\*).

---

(\* [Ст. 23](#) Закону України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" ( 39/95-ВР ).

Повне звільнення РАВ у сховищах - див. звільнення.

Потенційне опромінення - див. опромінення.

Прийнятний ризик - див. ризик.

Радіоактивні відходи (РАВ) - матеріальні об'єкти і субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує рівні, встановлені діючими нормативами, за умови, що використання цих об'єктів і субстанцій не передбачається.

Відповідно до цього загального визначення РАВ розглядаються як особливий вид радіоактивних матеріалів (у будь-якому агрегатному стані), відносно яких:

- встановлено, що ні зараз, і ніколи в майбутньому вони не можуть бути використані, або

- ще нема остаточного рішення відносно того, яким чином ці матеріали можуть бути використані в рамках сучасних або створених у майбутньому технологічних процесів, а також

- вміст (питома активність) радіонуклідів у цих відходах перевищує встановлені "Основними Санітарними правилами забезпечення протирадіаційного захисту України" (ОСПУ) рівні вилучення цих радіонуклідів із сфери санітарного нагляду.

\* довгоіснуючі - радіоактивні відходи, рівень звільнення яких від контролю органу державного регулювання досягається через триста років та більше після їхнього захоронення;

\* короткоіснуючі - радіоактивні відходи, рівень звільнення яких від контролю з боку органу державного регулювання досягається раніше, ніж через триста років після їхнього захоронення.

Регулюючий контроль - див. санітарний нагляд.

Референтна ймовірність критичних подій - див. критична подія.

Референтний ризик - див. ризик.

Референтний сценарій критичної події - див. сценарій критичної події.

Референтні дозові рівні потенційного опромінення - два рівні (А та Б) середньорічних ефективних доз потенційного опромінення населення, які використовуються при прийнятті рішення відносно типу сховища, а також форми і часу звільнення (у майбутньому) даних РАВ від регулюючого контролю у сховищі, яке розглядається.

Ризик (узагальнений ризик) - міра шкоди для здоров'я людини, що опинилася у сфері дії опромінення, яка чисельно дорівнює добутку двох величин:

- ймовірності опромінення в одиницю часу (рік);

- ймовірності реалізації радіологічних стохастичних та нестохастичних (детерміністичних, гострих клінічних) наслідків для здоров'я осіб, що можуть стати об'єктами цього опромінення. Числове значення ймовірності нестохастичних наслідків опромінення дорівнює одиниці, якщо величина цього опромінення перевищує відповідні дозові пороги, в протилежному випадку - ця ймовірність дорівнює нулю.

~ ризик, який ігнорується - величина ризику нижча  $5 \times 10^{-7}$  рік<sup>-1</sup> ;

~ прийнятний - величини ризиків, які покладені в основу встановлених [НРБУ-97](#) лімітів доз для персоналу, а також лімітів доз (в умовах практики) і дозових рівнів припинення втручання для населення;

~ референтний - числові значення ризиків, які було встановлено для обмеження потенційного опромінення персоналу та населення, що не перевищують рівні прийняттого ризику.

Ризик, що ігнорується - див. ризик.

Рівень звільнення - див. звільнення.

Санітарний нагляд (у рамках даного документа - регулюючий контроль) за забезпеченням радіаційної безпеки - здійснення Міністерством охорони здоров'я України (органами Держсанепідемслужби):

(а) функцій Державного санітарно-епідеміологічного нагляду відповідно до Закону України "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення" ( [4004-12](#) ) та [Положення](#) про державний санітарно-епідеміологічний нагляд в Україні;

(б) функцій Органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки відповідно до ст. 23 Закону України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" ( [39/95-ВР](#) ).

Санітарний нагляд базується на всій системі законодавчих, нормативно-правових, регламентуючих документів санітарного законодавства, чинних в Україні.

Сховище радіоактивних відходів - в рамках даного документа - споруда для зберігання (тимчасове збереження) або захоронення (постійне збереження) РАВ з обов'язковим забезпеченням інженерних, геологічних, фізичних та інших бар'єрів, які перешкоджають міграції радіонуклідів у навколишнє середовище у кількостях, що

перевищують встановлені для даного сховища допустимі значення скидів і викидів радіоактивних речовин.

\* глибинне - сховище РАВ, призначене для їх захоронення в глибоких стабільних геологічних формаціях, здатних забезпечити надійну та тривалу (порівняну з часом зміни сотень майбутніх людських генерацій) ізоляцію РАВ від попадання їх у біосферу;

\* поверхневе (приповерхневе) - сховище РАВ, призначене для їх захоронення та таке, яке є спорудою, розташованою на поверхні або в приповерхневому шарі землі, спеціально обладнане й конструкційно оформлене таким чином, щоб гарантувати тривалу ізоляцію РАВ від попадання їх у біосферу, а також забезпечувати дотримання вимог і регламентів, встановлених Санітарним Законодавством для подібного типу сховищ.

Сценарій критичної події - послідовно-паралельний ланцюг подій (відмов), який містить початкові й проміжні події (відмови) і спричиняє, в кінцевому підсумку, критичну подію.

\* референтний - сценарій формування критичної події, визначений НРБУ-97/Д-2000 як обов'язковий при прийнятті рішення щодо типу захоронення.

Узагальнений ризик - див. ризик.

Часткова критична подія - див. критична подія.

## 1. Загальні положення

1.1 Даний документ вводить нове розуміння опромінення персоналу та населення в умовах практичної діяльності(\*), поділяючи це опромінення на дві категорії: поточне та потенційне.

---

(\*) Далі, скорочено, "практика".

1.2 У рамках даного документа під поточним опроміненням розуміється опромінення, яке в рамках передбаченого проектом технологічного процесу завжди супроводжує (або з високою ймовірністю може супроводжувати) практичну діяльність.

Система регламентів, що обмежує поточне опромінення, визначена [розділом 5](#) НРБУ-97 "Радіаційно-Гігієнічні регламенти першої групи".

1.3 Опромінення персоналу та населення в умовах практики розглядається на стадії проектування як потенційне, якщо:

- воно реалізується безпосередньо після певної непередбаченої проектним технологічним процесом події, що визначається як критична; ця подія, в свою чергу, є прямим або опосередкованим результатом порушень технології, виходів з ладу та відмов обладнання, неправильних дій персоналу, аномальних зовнішніх впливів (включаючи природні) та інших подібних процесів і явищ;

- ймовірність такої критичної події не перевищує  $1 \times 10^{-2}$  рік<sup>-1</sup>.

1.4 Відповідно до положень пп. 1.1 - 1.3 визначення джерела іонізуючого випромінювання, що наведене у [Додатку 11](#) НРБУ-97 стосовно практики, розширюється так, що на стадії проектування воно розглядається як джерело як поточного, так і потенційного опромінення.

1.5 Стосовно потенційного опромінення обмеженню підлягають:

- ймовірність виникнення критичної події;
- величина дози потенційного опромінення.

1.6 При регламентуванні ймовірності критичної події, остання, в загальному випадку, оцінюється з урахуванням ймовірностей(\*) всіх можливих окремих критичних подій, виникнення кожної з яких неминуче супроводжується опроміненням. Після реалізації критичної події людина опиняється у полі цього опромінення з ймовірністю, яка дорівнює одиниці.

---

(\*) Критична подія є поєднанням множини окремих критичних подій.

1.7 Такого роду регламентування базується на обмеженні узагальненого ризику та доз потенційного опромінення шляхом введення системи референтних ризиків та їхніх квот, референтних ймовірностей і референтних дозових рівнів.

1.8 Три основних принципи протирадіаційного захисту в умовах практики ([п. 1.7](#) НРБУ-97) стосовно потенційного опромінення формулюються таким чином.

\* Принцип виправданості. Будь-яка практична діяльність, внаслідок якої можливе потенційне опромінення людей, не повинна здійснюватися, якщо вона не є більш корисною для осіб, які опромінювалися, та суспільства в цілому, у порівнянні зі шкодою, яку ця діяльність може завдати як нинішньому, так і майбутнім генераціям у зв'язку з можливим виникненням критичної події.

\* Принцип неперевищення. Усі види практичної діяльності, що підлягають санітарному нагляду, не повинні супроводжуватися перевищенням тих значень доз та ймовірностей потенційного опромінення, що регламентуються цим документом.

\* Принцип оптимізації. Ймовірності критичних подій та дози потенційного опромінення, а також і кількість осіб, які можуть опинитися у сфері впливу подібних джерел, повинні бути настільки низькими, наскільки це можливо з урахуванням економічних та соціальних факторів.

1.9 Принципи протирадіаційного захисту в редакції п. 1.8 застосовуються на стадії планування практичної діяльності. Однак після реалізації критичної події система протирадіаційного захисту населення повинна терміново перебудовуватися відповідно до принципів обґрунтування втручань у випадку радіаційно-ядерних аварій ([п. 1.10](#) та [розділ 7](#) НРБУ-97). Загальні вимоги до дій персоналу в цих умовах регламентуються [пп. 7.12 - 7.21](#) НРБУ-97.

1.10 Застосування принципів неперевищення й оптимізації для джерел потенційного опромінення має бути спрямоване на те, щоб після їх реалізації дози опромінення населення виявилися нижчими за рівні виправданості при втручаннях.

1.11 Залежно від видів і масштабів наслідків реалізації різноманітних критичних подій, плануючи практичну діяльність, встановлюють чотири групи джерел потенційного опромінення.

Перша група. Джерела потенційного опромінення, що можуть спричинити опромінення окремого індивіда або обмеженої групи людей. Реалізація потенційного опромінення від цієї групи джерел є головною причиною "радіаційних нещасних випадків на виробництві", а також променевих травм у осіб з населення, що опинилися в ситуації випадкового контакту з загубленими (викраденими) джерелами іонізуючого опромінення.



Друга група. Джерела, пов'язані з радіаційними аваріями, наслідками яких можуть стати:

- опромінення значних контингентів населення;
- радіоактивне забруднення об'єктів довкілля.

Третя група. Джерела, реалізація потенційного опромінення від яких пов'язана з подіями, які можуть відбутися в майбутньому (у тому числі і віддаленому) на звільнених від санітарного нагляду об'єктах внаслідок природних аномальних процесів і катастроф, а також ненавмисних втручань людини, у зв'язку з чим під опромінення може підпадати населення, що опинилося в момент цієї події в полі дії подібного джерела. Цей тип ситуацій повинен враховуватися при проектуванні сховищ радіоактивних відходів (РАВ).

Четверта група. Особливий випадок джерел потенційного опромінення пацієнтів, яким проводять радіорентгентапевтичні та радіорентгендіагностичні процедури.

1.12 Головні відмінності між джерелами першої, другої та четвертої груп, з одного боку, та джерелами третьої групи - з іншого, пов'язані з різницями в системах регламентів потенційного опромінення, які полягають у наступному.

\* Потенційне опромінення від джерел першої, другої та четвертої груп розглядається тільки в період зберігання санітарного нагляду: на стадіях пусконаладжувальних робіт, експлуатації об'єкту, а також після припинення його функціонування, в тому числі і в процесі виведення об'єкту з експлуатації.

\* Для сховищ РАВ, що функціонують (навіть тих, що припинили прийом відходів і експлуатуються в режимі консервації), існує ймовірність реалізації потенційного опромінення від джерел першої та другої груп, а після виведення сховища, яке функціувало у режимі захоронення, з експлуатації (і надання йому повного або обмеженого звільнення) виникає можливість реалізації потенційного опромінення від джерел третьої групи.

\* При проектуванні будь-яких об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями висока надійність протиаварійних систем повинна забезпечити зниження ймовірностей потенційного опромінення від джерел першої, другої та четвертої груп до і нижче регламентованих референтних значень.

\* Відповідні розрахункові процедури для кожного типу подібних об'єктів (технологій) встановлюються спеціальними нормативно-регламентуючими документами(\*). Стосовно джерел третьої групи відповідні процедури використовуються для отримання розрахункових оцінок доз потенційного опромінення, величина яких не повинна перевищувати значень референтних дозових рівнів.

---

(\*) Наприклад, стосовно атомних електростанцій, що проектуються, відповідні протиаварійні регламенти повинні міститися у СП АЕС, у "Загальних вимогах до проектування АЕС", у відповідних стандартах на проектну документацію, тощо.

## **2. Ризики опромінення**

2.1 Як міру шкоди для здоров'я людини, що опинилася в сфері впливу опромінення, НРБУ-97/Д-2000 вводить величину узагальненого ризику (далі скорочено "ризик"), що підлягає обмеженню.

Величина такого ризику визначається добутком двох величин:

- ймовірності опромінення в одиницю часу (рік);

- ймовірності реалізації радіологічних (стохастичних, детерміністичних, гострих клінічних)(\*) наслідків для здоров'я осіб, які стали об'єктами цього опромінення.

(\*) Ймовірність детерміністичних та гострих клінічних ефектів при досягненні дозових порогів їхнього виникнення приймається такою, що дорівнює одиниці, а при дозах нижче цих порогів - нулю.

$5 \times 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$ .

2.2 На стадії проектування системи протирадіаційного захисту принципи "неперевищення" і "оптимізації" реалізуються так, щоб пов'язана з потенційним опроміненням шкода, виражена в одиницях ризику, не перевищувала і виявилася настільки, наскільки це може бути досягнуто нижче встановлених даним документом рівнів референтних ризиків.

2.3 Значення референтних ризиків для джерел першої та другої груп встановлені так, щоб величини цих ризиків були прийнятними для індивідів і суспільства в цілому.

2.4 Під прийнятними розуміються такі ризики, величини яких покладено в основу встановлених [НРБУ-97](#) лімітів доз для персоналу, а також лімітів доз і дозових рівнів припинення втручання для населення.

2.5 У даному документі встановлено наступні числові значення референтних ризиків потенційного опромінення, які не перевищують рівні прийнятності (п. 2.4), а також враховують гетерогенність розподілу індивідуальних доз у працівників:

- для персоналу:  $2 \times 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$  ;

- для населення:  $5 \times 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$  .

2.6 Якщо величини ризиків нижчі за  $5 \times 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$ , то відповідні цим ризикам рівні опромінення не беруться до уваги, а вказане граничне значення ризику визначається як "ризик, що ігнорується".

2.7 Для практичного застосування встановлюються наступні значення референтних ймовірностей критичних подій, пов'язаних з джерелами потенційного опромінення першої групи (Таблиці 2.1 та 2.2).

Таблиця 2.1 - Референтні ймовірності критичних подій, які супроводжуються реалізацією потенційного опромінення населення від джерел першої групи

Інтервал ефективних доз потенційного опромінення, мЗв на подію	Референтна ймовірність, рік <sup>-1</sup>
не перевищує 50	$1 \times 10^{-2}$
вище 50 (*)	$2 \times 10^{-5}$

(\*) Ймовірність подій, внаслідок яких за короткий час можуть реалізуватися летальні дози опромінення, не повинна перевищувати

-7 -1  
5 x 10 рік .

Таблиця 2.2 - Референтні ймовірності критичних подій, які супроводжуються реалізацією потенційного опромінення персоналу від джерел першої групи

Інтервал доз потенційного опромінення	Референтна ймовірність, рік
Ефективна доза, мЗв на подію	-1 не перевищує 100 1 x 10
	-4 вище 100 2 x 10
Еквівалентна доза, мЗв на подію	-4 150 - 500 2 x 10
Поглинута доза, мГр на подію	-7 вище 1000 5 x 10

2.8 Вимоги до проектної документації для тих об'єктів, у процесі експлуатації яких може виникнути потенційне опромінення, пов'язане з джерелами другої групи (комунальні радіаційні аварії), визначаються спеціальними документами Міністерства охорони здоров'я України(\*).

(\*) Наприклад, СП АЕС, в яких спеціальний розділ "Проектування ..." повинен містити відповідну систему регламентів, які обмежують ймовірності критичних подій і дози потенційного опромінення, що супроводжують їх реалізацію.

2.9 Відповідно до особливості джерел потенційного опромінення третьої групи (п. 1.11), яка полягає в тому, що вони пов'язані з тими критичними подіями, які можуть відбутися у віддаленому майбутньому (через сотні й тисячі років) і, як наслідок, спричинити опромінення майбутніх поколінь людей, цей документ встановлює додатковий принцип регламентування потенційного опромінення від подібної групи джерел. Цей принцип вимагає, щоб майбутнім поколінням був забезпечений принаймні такий же рівень радіаційного захисту (від дій, які мають місце в теперішній час), який забезпечується нинішнім поколінням.

Виконання цього принципу досягається за рахунок того, що встановлюється вимога неперевикнення шкоди для здоров'я майбутніх поколінь такої величини, яка відповідає значенню ризику, що ігнорується(\*\*).

(\*\*) Більш детально реалізація положень п. 2.9 розглядається в Розділі 4.

2.10 Ймовірність критичних подій, пов'язаних з ризиками потенційного опромінення пацієнтів від медичних джерел, а також система регламентів, що обмежує і ці ризики, і дози подібного опромінення, визначаються спеціальним документом, що розроблюється та затверджується Міністерством охорони здоров'я України.

### 3. Джерела потенційного опромінення першої та другої груп

3.1 Аналіз імовірності критичних подій. Загальні вимоги

3.1.1 Основою аналізу ймовірності критичної події є послідовний розгляд початкових, проміжних і кінцевих подій, що спричиняють критичну. Такий розгляд повинен містити:

- ідентифікацію сценаріїв (послідовностей) розвитку подій (або відмов), що спричиняють припинення нормального функціонування системи(\*), і які завершуються критичною подією;

---

(\*). Система вважається такою, що нормально функціонує, якщо вона:

(а) виконує всі передбачені проектом послідовності операцій;

(б) досягає проектного результату (мети) протягом передбаченого проектом часу;

(в) зберігає всі передбачені проектом параметри, властивості, характеристики.

Порушення хоча б однієї з умов (а), (б) або (в) розглядається як відмова системи.

- оцінки ймовірностей часткових критичних подій (з урахуванням оцінок імовірності проміжних подій (відмов));

- оцінку ймовірності критичної події;

- оцінку доз потенційного опромінення персоналу та населення, пов'язаних з критичною подією;

- порівняння отриманих імовірнісних і дозових оцінок з відповідними регламентами (Таблиці 2.1 та 2.2).

3.1.2 Аналіз критичних подій для джерел потенційного опромінення першої та другої груп повинен, зокрема, розглядати наступні події:

- помилки, неправильні дії персоналу;

- відмови конструктивних елементів системи (блоків, вузлів, або системи у цілому), вихід з ладу (руйнування) стаціонарних конструкцій;

- відмови, пов'язані з не планованими процесами в матеріалах;

- відмови, пов'язані з порушеннями у системі протирадіаційного захисту, враховуючи вихід з ладу пасивних та активних елементів бар'єрних конструкцій;

- неповернення джерела іонізуючого випромінювання на передбачені технологічним процесом позиції (наприклад, неповернення в положення зберігання);

- загублення, крадіжки джерел;

- непередбачені зміни технологічних позицій (орієнтацій, локалізацій) джерела в процесі його транспортування ("транспортні аварії");

- незаплановане попадання радіоактивних речовин (джерел) у довкілля з можливим наступним його розпорошенням, або без нього;

- зовнішні аномальні події, в тому числі природні.

3.1.3 Для прогнозу поведінки системи та оцінки ймовірності виникнення відмов (на різних рівнях організації цієї системи) використовується побудова логічних структур, які описують послідовно-паралельний взаємозв'язок та взаємозалежність між її системоутворювальними блоками, вузлами та елементами.

3.1.4 Процедура оцінки ймовірності критичних подій, у тому числі, з використанням рівнянь Додатка 1, звичайно проводиться послідовно для таких сукупностей окремих критичних подій, що спричиняють дози опромінення:

- населення (Таблиця 2.1):

\* менше 50 мЗв ефективної дози на подію;

\* понад 50 мЗв ефективної дози на подію;

- персоналу (Таблиця 2.2):

\* менше 100 мЗв ефективної дози на подію;

\* понад 100 мЗв ефективної дози на подію;

\* еквівалентна доза в окремому органі 150 - 500 мЗв на подію;

\* поглинута доза в окремому органі понад 1000 мГр на подію.

3.1.5 Детальні вимоги до процедур аналізу дерев подій і дерев відмов, особливо у випадках, коли умови незалежності у сукупності не виконуються, а також загальні вимоги до програмних продуктів, що реалізують ці процедури, визначаються спеціальним методичним документом, затвердженим Міністерством охорони здоров'я України.

3.2 Загальні вимоги до проектної документації стосовно джерел потенційного опромінення першої та другої груп

3.2.1 При проектуванні нових (або модернізації наявних) об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями в розділах, пов'язаних з виконанням вимог радіаційної безпеки, повинні міститися розрахункові оцінки ймовірностей критичних подій і пов'язаних з ними доз потенційного опромінення, з обґрунтуванням та описом процедур їх отримання, а також обґрунтуванням заходів, які знижують ці ймовірності та дози до регламентованих значень.

3.2.2 Спеціальний документ, що доповнює передпроектну та проектну документацію, який містить аналіз джерел потенційного опромінення першої групи, повинен мати:

- обґрунтування проектного набору сценаріїв критичних подій;

- повний опис проектних сценаріїв, відповідних даним конкретним конструктивно-технологічним рішенням;

- вибір та обґрунтування параметрів, необхідних для побудови ймовірних характеристик початкових і проміжних подій, а також дерев відмов;

- вибір та обґрунтування розрахункових процедур, якщо такі, згідно з п. 3.1.1, не регламентовані спеціальними методичними документами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України;

- кількісні оцінки ймовірностей окремих критичних подій, критичних подій і доз потенційного опромінення, що прогноуються;

- обґрунтування прийнятих у проекті протирадіаційних і протиаварійних конструкторсько-технологічних рішень, які забезпечують зниження ймовірності критичних подій і доз потенційного опромінення до значень, що не перевищують регламентовані;

- обґрунтування зонування приміщень об'єкту, що враховує ймовірності виникнення в різних технологічних зонах (приміщеннях) критичних подій і пов'язаних з цими подіями доз потенційного опромінення персоналу.

Цей документ - частина проекту: "Захист від потенційного опромінення", підлягає узгодженню з Держсанепідслужбою Міністерства охорони здоров'я України.

3.2.3 Для зниження ймовірності виникнення критичних подій, спричинених помилками персоналу, спеціальні регламентувальні документи, затверджені органами державного регулювання, повинні передбачати вимоги до навчання та регулярних тренувань персоналу (враховуючи використання різного типу тренажерів), а проектна документація повинна містити необхідні для цієї мети проектні рішення та ресурси.

3.2.4 Проектом мають бути передбачені заходи, що забезпечують необхідний рівень фізичного та технологічного захисту від несанкціонованого доступу до блоків, вузлів, систем, відмова яких може спричинити критичну подію(\*).

---

(\*) До цих заходів належать, зокрема, вимоги до режиму функціонування об'єкту і технічних приладів, які обмежують доступ на об'єкт у цілому, або на його проммайданчик.

#### **4. Захоронення рав і джерела потенційного опромінення третьої групи**

##### 4.1 Загальні положення

4.1.1 Основною метою протирадіаційного захисту відносно джерел потенційного опромінення третьої групи є:

- зведення до прийняттого рівня потенційних збитків, пов'язаних зі шкідливими ефектами іонізуючого опромінення, для окремих індивідів, сучасного суспільства в цілому, а також довкілля;

- мінімізація усіх видів збитків, що можуть бути нанесені майбутнім поколінням та середовищу їхнього існування у випадку реалізації критичних подій;

- забезпечення захисту майбутніх поколінь від потенційного опромінення на рівні не нижчому прийняттого у сучасному суспільстві, до того ж, без будь-яких припущень щодо можливості використання більш низької ефективності цього захисту у зв'язку з очікуваним прогресом (вдосконаленням) майбутніх протирадіаційних засобів і технологій, а також фармакологічних засобів підвищення радіорезистентності.

4.1.2 У рамках даного розділу встановлюються основні принципи та підходи до обмеження потенційного опромінення від таких джерел третьої групи, які пов'язані з можливими критичними подіями в місцях захоронення РАВ. При цьому вибір та обґрунтування типу та потужності сховища РАВ, яке проектується для функціонування у режимі "захоронення", вимагає оцінки ймовірності критичних подій і пов'язаних з ними доз потенційного опромінення на цих об'єктах як у період

збереження санітарного нагляду (джерела потенційного опромінення першої та другої груп), так і після звільнення (повного або обмеженого) об'єкту від санітарного нагляду (джерела потенційного опромінення третьої групи).

4.1.3 Усі головні принципи та підходи щодо обмеження потенційного опромінення стосовно сховищ РАВ, які викладені в даному розділі, поширюються також на інші об'єкти, що містять джерела потенційного опромінення третьої групи.

4.1.4 У рамках даного документа під радіоактивними відходами (РАВ) розуміється особливий вид радіоактивних матеріалів (у будь-якому агрегатному стані), відносно яких:

- встановлено, що ні зараз, і ніколи в майбутньому вони не можуть бути використані, або

- ще нема остаточного рішення відносно того, яким чином ці матеріали можуть бути використані в рамках сучасних або створених у майбутньому технологічних процесів, а також

- вміст (питома активність) радіонуклідів у цих відходах перевищує встановлені "Основними Санітарними правилами забезпечення протирадіаційного захисту України" (ОСПУ) рівні вилучення цих радіонуклідів із сфери санітарного нагляду.

4.1.5 Встановлюються дві форми збереження РАВ:

- зберігання: вид тимчасового збереження РАВ, коли тимчасовий характер зумовлений тим, що або проектною технологією передбачене попереднє зберігання РАВ протягом певного терміну, або необхідність тимчасового збереження РАВ виникла при ліквідації (мінімізації) наслідків аварії(\*);

---

(\*) У Додатку 2 надано обґрунтування того, що унікальний для світової практики об'єкт "Укриття" підпадає під дію тієї частини п. 4.1.5, яка визначає збереження РАВ у режимі "зберігання".

- захоронення: такий вид постійного збереження РАВ, при якому використання цих РАВ в будь-яких сучасних або майбутніх технологічних процесах виключається.

4.1.6 Положення та регламенти Розділу 4 і відповідних Додатків даного документа поширюються лише на сховища РАВ, що функціонують у режимі "захоронення", оскільки тільки для цього режиму експлуатації розглядаються джерела потенційного опромінення третьої групи.

Стосовно сховищ, які експлуатуються в режимі "зберігання" (тимчасове збереження) розглядаються вимоги до обмеження доз потенційного опромінення, пов'язаного з джерелами першої та другої груп (Розділ 3 і Додатки 1 та 2).

4.1.7 Загальна структура формування рішень відносно сховищ РАВ як джерел поточного та потенційного опромінення, наведена у Додатку 3, а детальні процедури, які використано при оцінці величини потенційного опромінення для джерел третьої групи, встановлюються спеціальними регламентувальними документами Міністерства охорони здоров'я України(\*).

---

(\*) Для РАВ таким документом є "Санітарні правила поводження з радіоактивними відходами України", в яких повинні бути враховані вимоги і положення даного розділу; для ОУ - "Санітарні правила радіаційної безпеки при роботах на Об'єкті "Укриття", а

також "Методичні рекомендації (вказівки)", які встановлюють єдині процедури оцінки ймовірності критичних подій і доз потенційного опромінення.

#### 4.2 Основні принципи радіаційного захисту при захороненні РАВ

4.2.1 Відповідно до загальної стратегії протирадіаційного захисту, яка регламентується [НРБУ-97](#), заходи щодо мінімізації доз опромінення персоналу та населення під час усіх видів діяльності, пов'язаної з захороненням РАВ, реалізуються в межах двох часових періодів:

- при проведенні практичної діяльності протягом усього періоду, що передує звільненню захоронення РАВ від регулюючого контролю,

- після звільнення захоронення РАВ від санітарного нагляду.

4.2.2 На стадії, коли зберігається санітарний нагляд, регламенти, які обмежують дозу потенційного опромінення населення внаслідок критичної події на сховищах РАВ, встановлюються у формі референтних імовірностей критичних подій у відповідності з п. 2.7;

4.2.3 Реалізація основного принципу захисту майбутніх генерацій від можливого радіаційного впливу джерел потенційного опромінення третьої групи (п. 2.9), пов'язаних з захороненнями РАВ після їхнього повного (або часткового) звільнення від санітарного нагляду, досягається за рахунок встановлення наступних імовірнісних і дозових регламентів:

- (а) імовірність критичної події, що може спричинитися до реалізації потенційного опромінення майбутніх генерацій, не повинна перевищувати  $1 \times 10^{-2} \text{ рік}^{-1}$  (відповідно до визначення потенційного опромінення, п. 1.3);

- (б) величина потенційного опромінення обмежується введенням референтних дозових рівнів:

- референтний рівень А, який числово дорівнює 50 мЗв на рік, перевищення якого у випадку реалізації потенційного опромінення відповідає умовам виправданості (або безумовної виправданості) відповідних втручань;

- референтний рівень Б, який числово дорівнює 1 мЗв на рік, неперевищення якого у випадку виникнення потенційного опромінення визначає, що будь-які втручання є не виправданими ([п. 7.47](#) НРБУ-97).

4.2.4 З урахуванням максимального значення критичної події, що дорівнює  $1 \times 10^{-2} \text{ рік}^{-1}$  (див. п. 4.2.3), референтному рівню Б відповідає значення ризику  $5 \times 10^{-7} \text{ рік}^{-1}$  (ризик, що ігнорується), що, у свою чергу, можна порівнювати з ризиком від поточного опромінення  $10 \text{ мкЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

4.2.5 При розгляді джерел потенційного опромінення третьої групи стосовно поховань РАВ всі критичні події поділяються на:

- події, пов'язані з природними (у тому числі, катастрофічними) процесами та явищами;

- події, пов'язані з ненавмисним втручанням людини.

4.2.6 До критичних подій, пов'язаних з природними процесами, належать ті, для яких числові значення ймовірності їхнього виникнення можуть бути оцінені на підставі частотного аналізу історико-геологічної інформації про навколишнє середовище, а також про інженерно-конструкційні властивості сховища. Це зокрема:



- процеси, що спричиняють такі зміни утримувальних і фізико-хімічних властивостей матеріалів РАВ у сховищі, які підвищують їхні фільтраційно-міграційні характеристики;

- процеси зміни і деградації утримувальних (бар'єрних) властивостей контейнерів з РАВ та інженерних конструкцій сховища;

- природні процеси, що супроводжуються затопленням сховища РАВ: зміна русла річок, аномальні паводки, аномальні підвищення рівня ґрунтових вод тощо;

- катастрофічні процеси, спричинені землетрусами у регіонах розміщення сховищ РАВ тощо.

4.2.7 Критичні події, пов'язані з ненавмисним втручанням людини у тіло сховища РАВ, можуть виникнути:

- у процесі буріння свердловин під час геолого-розвідувальних і гірських робіт;

- під час ґрунтових і будівельно-монтажних робіт;

- під час буріння з метою будівництва джерел питного водопостачання.

Такі втручання супроводжуються повним (частковим) руйнуванням інженерних і природних бар'єрів сховища, винесенням матеріалу сховища на поверхню і, як наслідок, можливим опроміненням населення.

4.2.8 Оскільки оцінка імовірності критичних подій, пов'язаних з ненавмисним втручанням людини, завжди ускладнена, виконання умови (а) у п. 4.2.3 при аналізі такого роду подій повинно виконуватися за рахунок:

- заборони відведення майданчиків під поверхневі або приповерхневі (заглиблені) сховища у межах територій, перспективних з точки зору родовищ корисних копалин, враховуючи наявність підземних водних ресурсів, придатних для питного водопостачання;

- заглиблення приповерхневих сховищ до відміток, що зменшують імовірність пошкодження тіла сховища при будівельних та сільськогосподарських роботах;

- введення спеціальних заходів, спрямованих на тривале збереження інформації про місце поховання (враховуючи довгочасові попереджувальні знаки-споруди) в рамках виконання спеціальних умов обмеженого звільнення;

- відмови від проектних рішень, пов'язаних з будівництвом сховища поверхневого (приповерхневого) типу та переходу до розгляду захоронення РАВ у глибоких стабільних геологічних формаціях, що істотно зменшує імовірність ненавмисного втручання людини у сховища подібного типу.

4.2.9 Для сховищ РАВ повною мірою застосовуються три головні принципи радіологічного захисту від потенційного опромінення (п. 1.8) у формулюваннях, що враховують специфіку подібних об'єктів:

\* Принцип виправданості. Діяльність, пов'язана з поводженням з РАВ (враховуючи їх поховання в наявні сховища, а за необхідності - будівництво нових сховищ) визначається, як виправдана, якщо:

- збитки від цієї діяльності враховано в сумі повних (сумарних) збитків, пов'язаних з функціонуванням РАВ-утворюючої технології об'єкту, компанії, галузі в цілому, та

- величина сумарних збитків не перевищує величину користі від даної технології, пов'язаної з функціонуванням РАВ-утворюючого об'єкту, компанії, галузі.

Це формулювання стосується також і випадків, коли РАВ утворилися від практики, яка з тих чи інших причин припинена(\*).

(\*). Наприклад, у результаті радіаційно-ядерної аварії, або припинення робіт на металургійних об'єктах уранової переробки через скорочення (припинення) видобутку уранових руд.

\* Принцип неперевищення. Всі види діяльності, пов'язані з захороненням РАВ, не повинні:

(а) спричиняти дози, що перевищують середньорічні ліміти доз для персоналу та дозові квоти поточного опромінювання для членів критичної групи населення ([п. 5.5](#) НРБУ-97);

(б) спричиняти дози та ймовірності потенційного опромінення, що перевищують числові значення відповідних регламентів, встановлених даним документом.

\* Принцип оптимізації. Повинні вживатися всі необхідні зусилля для зниження настільки, наскільки це можливо і досяжно з урахуванням економічної і соціальної доцільності:

(а) доз поточного опромінення населення в інтервалі значень, нижчих за встановлені середньорічні дозові квоти;

(б) ймовірностей реалізації критичних подій в інтервалі значень, нижчих за референтні ймовірності критичних подій;

(в) доз потенційного опромінення в інтервалі значень, нижчих за референтні дозові рівні.

4.2.10 При практичній реалізації принципу оптимізації необхідно використовувати процедури зваження співвідношень "школа-користь" так, щоб загальні витрати на подальше зниження рівнів поточного і потенційного опромінення населення не спричинили б порушення принципу виправданості всієї РАВ-утворюючої практики в цілому.

#### 4.3 Радіаційно-гігієнічні регламенти стосовно сховищ РАВ

4.3.1 Відповідно до пп. 2.7 і 4.2.3 даного документа, а також [пп. 5.4](#) та [9.4](#) НРБУ-97, для сховищ РАВ встановлюються числові значення регламентів, що обмежують дози поточного і потенційного опромінення: Таблиця 4.1.

4.3.2 Відповідно до Закону України "Про поводження з радіоактивними відходами" ([255/95-ВР](#)) (1995 р.), застосування регламентів Таблиці 4.1 здійснюється з метою:

- поділення всіх РАВ на:

\* короткоіснуючі та

\* довгоіснуючі;

- обґрунтування вибору типу захоронень:

\* приповерхневі (поверхневі);

\* в глибинних стабільних геологічних формаціях.

4.3.3 До короткоіснуючих РАВ відносяться ті, рівень звільнення яких від контролю з боку органів державного регулювання досягається раніше, ніж через триста років після їх захоронення.

4.3.4 До довгоіснуючих відносяться всі РАВ, у відношенні яких умова п. 4.3.3 не може бути виконана.

Таблиця 4.1 Основні радіаційно-гігієнічні регламенти при захороненнях РАВ

Регламент	Застосування	Числові значення
Квота річної ефективної дози та дозовий рівень звільнення	Поточне опромінення населення від газо-аерозольних викидів і водних скидів, пов'язаних з нормальним функціонуванням сховищ РАВ	- При збереженні контролю з боку органів державного регулювання - -1 0,04 мЗв*рік - На момент і після звільнення від контролю з боку органів державного регулювання - -1 0,01 мЗв*рік
Квоти референтних ризиків радіологічних наслідків(*)	Потенційне опромінення на стадії контролю з боку органу державного регулювання	-4 -1 - Персонал 2 x 10 рік - Критична група з населення 2 x 10 рік -5 -1
Референтні ймовірності критичної події	Потенційне опромінення на стадії контролю з боку органу державного регулювання	Числові значення наведені в Таблицях 2.1 та 2.2
Референтні рівні потенційного опромінення А і В	Потенційне опромінення населення при реалізації критичних подій, пов'язаних із природними аномальними подіями і ненавмисним втручанням людини після звільнення від контролю з боку органу державного регулювання	- Референтний рівень А: -1 50 мЗв*рік - Референтний рівень В: -1 1 мЗв*рік

Примітка. "Квоти референтних ризиків радіологічних наслідків" є базовими при регламентуванні винятково стохастичних ефектів потенційного опромінення і в практичних розрахунках не застосовуються.

4.3.5 Повне звільнення РАВ у сховищах від санітарного нагляду з боку Органу Державного Регулювання - Державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України, надається за умов:

(а) неперевикнення рівнів вилучення, регламентованих ОСПУ (за критерієм питомої активності) для кожного з нуклідів, що містяться в РАВ;

(б) неперевикнення річної ефективної дози поточного

-1 опромінення критичної групи населення (0,01 мЗв\*рік ) та колективної річної ефективної дози поточного опромінення 1 люд.-Зв ([розділ 9](#) НРБУ-97).

(в) неперевикнення референтного рівня Б потенційного опромінення (1 мЗв\*рік<sup>-1</sup> ).

4.3.6 Обмежене звільнення РАВ у сховищах від санітарного нагляду з боку Органу Державного Регулювання - Державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України надається, якщо рівні вилучення за критеріями, встановленими ОСПУ, перевищені, однак гарантується:

(а) неперевикнення річної ефективної дози поточного опромінення критичної групи населення 0.01 мЗв\*рік<sup>-1</sup> та колективної річної ефективної дози поточного опромінення 1 люд.-Зв;

(б) неперевикнення референтного дозового рівня Б потенційного опромінення (1 мЗв\*рік<sup>-1</sup> ).

4.3.7 Якщо при виконанні умови (а) п. 4.3.6 величина потенційного опромінення знаходиться в інтервалі між референтними рівнями Б та А (1-50 мЗв\*рік<sup>-1</sup> ), на розсуд Держсанепідемслужби Міністерства охорони здоров'я України обмежене звільнення РАВ у сховищах може бути надане зі спеціальними вимогами(\*), перелік яких встановлюється СППРВ або спеціальними документами, затвердженими центральними органами Державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

---

(\*) Під спеціальними вимогами розуміються такі, що сформульовані регулюючими органами спеціально для даної конкретної ситуації.

4.3.8 Детальні правила та умови повного і обмеженого звільнення РАВ у сховищах від санітарного нагляду визначаються спеціальним нормативно-регламентувальним документом Міністерства охорони здоров'я України.

4.3.9 Захоронення твердих РАВ, які відповідають вимогам п. 4.3.5, (а тверді РАВ, які відповідають вимогам п. 4.3.6, 4.3.7 - на розсуд Органу Державного Регулювання) допускається у сховищах поверхневого (приповерхневого) типу. В іншому випадку, захоронення повинно здійснюватися лише в глибоких стабільних геологічних формаціях.

4.3.10 Допустимість захоронень РАВ у сховищах поверхневого (приповерхневого) типів не усуває можливість захоронення подібних РАВ у стабільних глибоких геологічних формаціях.

#### 4.4 Загальні вимоги до класифікації РАВ

4.4.1 Усі види РАВ повинні бути кваліфіковані відповідно до повної системи їх класифікації, яка регламентується спеціальним документом, затвердженим органами державного регулювання.

4.4.2 Встановлюється обов'язковий перелік характеристик РАВ, врахування яких необхідно для віднесення їх до тієї або іншої класифікаційної групи на стадії проектування технологій, що утворюють РАВ, а також при виборі та обґрунтуванні вимог до сховищ цих відходів:

(а) радіонуклідний склад;

(б) фізико-хімічні властивості, зумовлені радіонуклідним складом, хімічною формою та агрегатним станом РАВ (тверді, рідкі та газоподібні);

(в) об'єми РАВ;

(г) питома та загальна радіоактивність РАВ як за окремими радіонуклідами, так і за групами (і за сполученнями груп): альфа-, бета- та гама-випромінювачі.

4.4.3 При побудові класифікацій РАВ повинні враховуватися наступні їхні властивості та особливості:

- наявність у складі РАВ короткоживучих (з періодом радіоактивного напіврозпаду менш, ніж 10 років), середньоживучих (з періодом радіоактивного напіврозпаду від 10 до 100 років) і довгоживучих (з періодом радіоактивного напіврозпаду понад 100 років) радіонуклідів;

- наявність у складі РАВ радіонуклідів, які належать до різних груп радіаційної небезпеки (згідно з класифікацією ОСПУ);

- наявність радіоактивних ланцюжків розпаду, що утворюють послідовності материнських і дочірніх радіонуклідів;

- тепловиділення;

- необхідність попереднього (перед захороненням) зберігання, передбаченого технологічним процесом.

4.4.4 У залежності від задач, які вирішуються, допускається використання різних робочих класифікацій РАВ:

(а) класифікації, призначені для міждержавного обміну інформацією, у тому числі, для зв'язку з міжнародними організаціями (МАГАТЕ, Євратом та ін.);

(б) класифікації, що використовуються для оперативного радіологічного контролю за упаковками РАВ, а також для забезпечення необхідного рівня безпеки при збиранні, первинній обробці, транспортуванні та прийманні на пунктах зберігання (захоронення) РАВ; в основі подібних класифікацій використовуються найпростіші радіаційні характеристики: потужність дози гамма-випромінювання на фіксованій відстані від упаковки, рівні поверхневого бета-забруднення та ін.;

(в) класифікації, що використовуються при прийнятті рішень про можливість (неможливість) захоронення РАВ у конкретних типах сховищ (поверхневих, приповерхневих, глибинних).

4.4.5 Розподіл РАВ на короткоіснуючі та довгоіснуючі (пп. 4.3.3 та 4.3.4), є класифікацією типу (в) п. 4.4.4. Належність до того або іншого типу РАВ визначається шляхом порівняння доз поточного та потенційного опромінення з відповідними регламентами, встановленими даним документом (Таблиця 4.1). В узагальненій формі, яка базується на використанні критеріїв обмеження доз потенційного опромінення від джерел третьої групи (рівні А та Б), ця класифікація подається в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Класифікація РАВ, яка базується на критеріях допустимості (недопустимості) їх захоронень у сховищах різних типів

Тип РАВ	Дози потенційного	Тип можливого звільнення у	Допустимий тип захоронення РАВ
---------	-------------------	----------------------------	--------------------------------

	опромінення через 300 років після захоронення	період до 300 років після захоронення	
Короткоіснуючі	Нижче рівня Б	Повне, обмежене	Поверхневий або приповерхневий
Визначається за погодженням з органами державного регулювання	Вище рівня Б, але нижче рівня А	Дозволяється обмежене	Визначається за погодженням з органами державного регулювання
Довгоіснуючі	Вище рівня А	Не розглядається	У стабільних глибоких геологічних формаціях

4.4.6 Вимоги щодо загального порядку розрахунків, необхідних для віднесення РАВ до тієї або іншої класифікаційної групи (Таблиця 4.2), яка визначає можливість (неможливість) захоронення цих РАВ у поверхневих або приповерхневих сховищах, сформульовані та проілюстровані в Додатках 3 - 5, які містять:

- структуру формування рішень;
- вимоги до аналізу сценаріїв, що формують критичні події, та референтні сценарії опромінення;
- схеми розрахунків та значення ключових параметрів.

4.4.7 У рамках референтних сценаріїв і параметрів для кожного конкретного випадку повинні враховуватися фактичний радіонуклідний склад, об'єми та значення питомої радіоактивності РАВ, а також ландшафтно-географічні та геологічні умови на майданчику майбутнього сховища.

4.4.8 Вимоги до величин газо-аерозольних викидів і рідинних скидів із сховищ РАВ на стадії їх функціонування (включаючи періоди консервації та звільнення від санітарного нагляду), полягають у неперевищенні дозової квоти опромінення населення в ці періоди.

## **5. Джерела потенційного опромінення четвертої групи (медичне опромінення)**

5.1 Регламенти, введені даним розділом, розширюють і доповнюють другу групу регламентів, встановлених [НРБУ-97 \(п. 4.2 та розділ 6 НРБУ-97\)](#).

5.2 Принципи протирадіаційного захисту, що враховують джерела потенційного опромінення пацієнтів (а також добровольців) внаслідок медичних обстежень або лікування, та положення, що доповнюють [п. 6.3 НРБУ-97](#), формулюються наступним чином:

- додатковою умовою виправданості є необхідність того, щоб користь для здоров'я пацієнта, пов'язана з такого роду діагностикою та лікуванням, переважала також і можливі збитки від потенційного опромінення, яке може реалізуватися у зв'язку з відмовами технічних приладів, а також з помилками або ненавмисними діями персоналу при здійсненні цих процедур;

- принцип неперевикнення означає, що за всіх можливих сценаріїв виникнення критичної події, пов'язаної з можливою реалізацією потенційного опромінення пацієнта, треба прагнути до того, щоб величина можливого опромінення здорових тканин та організму в цілому виявилася нижче за поріг детерміністичних ефектів;

- принцип оптимізації величини потенційного опромінення пацієнта та ризику виникнення такого роду критичних подій вимагає, щоб при плануванні та реалізації медичних процедур величина доз потенційного опромінення та ризику виникнення відповідних критичних подій були настільки малими, наскільки це розумно і досяжно з урахуванням економічних і соціальних факторів, а також з урахуванням стану пацієнта та медичних показань до проведення даної процедури.

5.3 При радіорентгенодіагностичних і терапевтичних процедурах джерела потенційного опромінення повинні розглядатися:

- на стадіях розробки та проектування приладів і апаратів, а також технологій виконання цих процедур;

- на стадії виконання процедур у зв'язку з можливими відмовами приладів, а також помилками персоналу (приклад у розділі Д.1.3 Додатка 1).

5.4 Детальний перелік вимог і правил, що обмежують потенційне опромінення пацієнтів під час діагностичних і терапевтичних процедур, встановлюється спеціальним нормативно-регламентувальним документом Міністерства охорони здоров'я України, причому тими його розділами, що визначають вимоги до проектування радіорентгенодіагностичних і терапевтичних приладів і технологій, а також вимог до кваліфікації, навчання і заходів попередження помилок медичного персоналу.

5.5 Особлива ситуація в умовах терапевтичного застосування випромінювань у медицині виникає внаслідок таких помилок персоналу або відмов радіотерапевтичних приладів, що спричиняють недоотримання пацієнтом показаної терапевтичної дози(\*). Система вимог до персоналу радіо рентген-терапевтичних відділень, а також до приладів і технологій з метою мінімізації ймовірності (попередження) подібних критичних подій, визначається відповідними розділами спеціального нормативно-регламентуючого документа Міністерства охорони здоров'я України (див. п. 5.4).

---

(\*) Суворо кажучи, цей випадок може розглядатися як "негативне потенційне опромінення", що супроводжується шкодою для здоров'я пацієнта так, що ця шкода пов'язана з недоотриманням тієї дози, яка забезпечує терапевтичний ефект.

5.6 Вимоги до захисту персоналу від джерел потенційного опромінення під час проведення діагностичних і терапевтичних процедур, що супроводжуються медичним опроміненням, визначаються другим і третім розділами даного документа, а також відповідними розділами профільних регламентуючих документів Міністерства охорони здоров'я України.

## Додаток 1

### **Аналіз імовірностей критичних подій з використанням моделей типу "дерево подій" та "дерево відмов" (джерела потенційного опромінення першої групи)**

#### **Д.1.1 Загальні положення**

Д.1.1.1 Матеріал даного Додатка базується на рекомендаціях МКРЗ (Публікація 76, "Захист від Потенційного Опромінення: Застосування до Окремих Джерел", 1996 р.).

Д.1.1.2 Для побудови логічної структури сценаріїв та оцінки ймовірності окремих критичних подій застосовуються два типи моделей:

- моделі типу "дерево подій";
- моделі типу "дерево відмов".

Д.1.1.3 Модель типу "дерево подій" використовує початкову подію як вихідну точку розвитку сценарію. Далі, через послідовно-паралельні ланцюги проміжних подій, кожному з яких відповідає деяка ймовірність його виникнення, оцінюється сукупна ймовірність виникнення кінцевої окремої критичної події.

Д.1.1.4 Модель типу "дерево відмов" характеризується тим, що спочатку розглядається деяка конкретна критична подія (це може бути й окрема критична подія). Після цього аналізуються можливі послідовно-паралельні ланцюги проміжних подій-відмов (разом з їх імовірностями), що могли спричинити критичну подію, яка розглядається.

Д.1.1.5 Критична подія може бути наслідком  $n$  незалежних у сукупності  $i$ -тих окремих критичних подій, повний перелік яких заздалегідь ідентифікований. Якщо виникнення кожної з зазначених окремих подій характеризується ймовірністю  $P_i$ , тоді ймовірність

$i$  критичної події  $P$  визначається рівнянням:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (\text{Д.1.1})$$

Звичайно  $P_i \ll 1$ , тоді з прийнятною точністю:

$$P \approx \sum_{i=1}^n P_i \quad (\text{Д.1.2})$$

$S$  - знак суми

Д.1.1.6 Наближення у рівнянні (Д.1.2) пункту Д.1.1.5 дає цілком задовільні оцінки ймовірності критичної події  $P$ , оскільки для всіх критичних подій, ймовірність яких вища за  $1 \times 10^{-2} \text{ рік}^{-1}$ , або пов'язане з ним опромінення (відповідно до п. 1.3) переводиться в категорію поточного, або проектом передбачається додатковий комплекс заходів, які істотно зменшують ймовірність критичної події, що розглядається.

Д.1.1.7 У будь-якій гілці дерева подій виділяються три найбільш важливі:

(а) початкова подія (ПП), без реалізації якої ймовірність подальшого формування самого дерева тривіально дорівнює нулю;

(б) центральна проміжна подія(\*) (ЦПрП), досягнення якої створює пряму загрозу реалізації критичної події (або окремої критичної події);

---

(\*) виділяється для зручності аналізу.



(в) критична подія (КП) (окрема критична подія), виникнення якої негайно спонукає до реалізації потенційного опромінення.

Д.1.1.8 Між ПП та ЦПрП, а також між ЦПрП та КП розташовуються гілки проміжних подій (ПрП), для кожної з яких оцінюються ймовірності їх реалізації.

Д.1.1.9 Усі події, що розглядаються в даному контексті, поділяються на ті, які пов'язані:

- з людським фактором (ступінь професіоналізму, досвід і тренуваність персоналу; пильність і дисциплінованість працівника; схильність до ігнорування попереджувальних сигналів тощо);

- з технічною надійністю (безвідмовністю) приладів і захисних бар'єрів, а також інформувальних (в тому числі аварійних) попереджувальних аудіовізуальних систем.

Д.1.1.10 Для формування структури типу "дерево подій" усі робочі приміщення повинні бути заздалегідь поділені на "радіаційно небезпечні" та "інші" (радіаційно-гігієнічне зонування приміщень, яке відповідає вимогам останнього абзацу п. 3.2.2).

Д.1.1.11 Джерела іонізуючих випромінювань, у свою чергу, доцільно поділити на три групи:

- "нерадіонуклідні"(\*) (рентгенівські діагностичні, терапевтичні та дефектоскопічні апарати, прискорювачі усіх типів);

---

(\*) інколи їх називають "електрофізичними".

- "радіонуклідні", засновані на використанні радіонуклідів - випромінювачів;

- "змішані", яким певною мірою властиві ознаки і тих, і інших.

Д.1.1.12 Відповідно до визначення моделі типу "дерево відмов" (п. Д.1.1.4) реконструюється та досліджується граф подій (відмов), які могли спричинити до критичної події.

## Д.1.2 Ілюстративна модель типу "дерево подій"

Д.1.2.1 Розглядається потенційне опромінення персоналу, пов'язане з джерелом першої групи, яке може виникнути при експлуатації дослідницького прискорювача(\*\*).

---

(\*\*) Описаний далі приклад реалізації потенційного опромінення робітника, що мав місце на дослідницькому прискорювачі, взято з розділу 5 Публікації 76 МКРЗ. Разом з тим, доволі подібний нещасний випадок мав місце у березні 1976 р. під час пусконаладжувальних робіт прискорювача У-240 Інституту Ядерних Досліджень АН УРСР. "Дерево подій", що відповідає цьому випадку, мало чим відрізняється від того, яке описане далі у тексті та наведено на Рис. Д.1.1. Важливою особливістю У-240 було те, що всередині залу прискорювача кнопки аварійної зупинки апарату взагалі не були передбачені. Але це формально відповідає негативним альтернативам проміжних подій, що відповідають позиціям 13 та 14 на Рис. Д.1.1.

Д.1.2.2 Приміщення прискорювача (у відповідності з п. Д.1.1.10) можна поділити на зони:

- підвищеної радіаційної небезпеки, до якої належить зал прискорювача, у який виводиться струмінь частинок високої енергії;

- низької радіаційної небезпеки, де розміщена система дистанційного управління прискорювачем (струменем), а також допоміжні та обслуговуючі прискорювач системи (вакуумні, електричні, системи діагностики тощо).

Д.1.2.3 Зал прискорювача ізольований від інших приміщень достатньо потужним біологічним захистом. Вхід до залу можливий через спеціальний прохід з захисними дверима, який обладнано системою блокувальних замків.

Д.1.2.4 Для запобігання ("зменшення ймовірності до прийнятно низького рівня") події "вхід персоналу в зал прискорювача при працюючому ("включеному") струмені" передбачена система аварійно-блокувальних та інформаційно-запобіжних пристроїв:

- запобіжні знаки пасивного типу (знаки радіаційної небезпеки);
- запобіжні знаки активного типу (які включаються у момент несанкціонованих "небезпечних" дій);
- попереджувальні знаки постійної дії, що інформують про стан апарату ("включено", "виключено");
- дверні замки (на вході до залу прискорювача) пасивного типу (які реагують на механічний чи електронний ключ) або активні (які реагують на ключ у поєднанні з електричним сигналом, що підтверджує стан апарату: "виключено");
- прилади, які автоматично виключають прискорювач при позаштатних діях персоналу, пов'язаних з відчиненням дверей і спробою входу до залу прискорювача;
- система кнопок аварійного вимикання прискорювача всередині залу.

Д.1.2.5 Першим кроком у процедурі оцінки ймовірності критичної події (окремої критичної події), пов'язаної з можливим опроміненням особи, яка увійшла до залу прискорювача, є встановлення деякої кількісної характеристики початкової події. За таку характеристику, у даній конкретній ситуації приймається "кількість спроб увійти до залу прискорювача" протягом року.

Д.1.2.6 Звичайно серед багатьох спроб "увійти до залу прискорювача", які щорічно здійснюються, значна частина є технологічно зумовленою, причому такого роду технологічний доступ персоналу завжди здійснюється при виключеному струмені(\*).

---

(\*) Взагалі, термін "виключений прискорювач" завжди означає й "виключений струмінь", але і при відсутності струменя багато систем прискорювача можуть бути включеними (електричні, вакуумні, примусового охолодження та ін.). Тоді небезпека "нещасного випадку на виробництві" може зберігатися, але не від радіаційного фактору, а від, наприклад, удару електричним струмом.

Д.1.2.7 Звернімося до схеми на Рис. Д.1.1, яка ілюструє "дерево подій", пов'язаних з реалізацією потенційного опромінення на вершинах частини "гілок" цього дерева (позиція 15).

Д.1.2.8 Усе дерево, у відповідності з прийнятими у п. Д.1.1.7 визначеннями початкової, центральної проміжної і критичної подій доцільно поділити (як це зроблено на схемі Рис. Д.1.1) на дві частини:

\* А - частина, що охоплює послідовність подій від ПП (позиція 1) до ЦПрП (позиція 10);

\* Б - завершальна частина "дерева", що охоплює групу проміжних подій (ПрП) (позиції 11 - 15), послідовна реалізація яких, як правило, з різним ступенем імовірності може закінчитися опроміненням персоналу.

Д.1.2.9 Структура усього дерева подій сформована так, що загальна схема захисту персоналу від потенційного опромінення струменем прискорювача враховує поєднання загально-дисциплінуючих ("людських") факторів і конструкційно-технологічних бар'єрів, які фізично перешкоджають проникненню персоналу до залу прискорювача при працюючому струмені.

До групи "людських" факторів належать: дотримання правил техніки безпеки режиму (позиція 3), додержання (ігнорування) попереджувальних знаків та інформуючих сигналів (позиція 5), реакція на критичну ситуацію, зокрема, натиск кнопки аварійної зупинки (позиція 13).

До конструкційно-технологічної групи належать: наявність струменю (позиція 2), спрацьовування попереджувальних сигналів (позиції 4 та 11), правильне функціонування дверей і дверних замків (позиції 6 та 7), у тому числі, спеціальних блокувальних пристроїв (позиція 9), наявність і збереження ґрат, які огорожують струмінь (позиція 8), дієздатність систем аварійної зупинки апарату (позиції 12 та 14).

Д.1.2.10 Ймовірнісні оцінки, що проводяться нижче, мають суто ілюстративний характер. При аналізі реальних конструктивно-технологічних рішень, пов'язаних з функціонуванням дослідних прискорювачів, повинні використовуватись характеристики надійності, які відповідають даному рішенню.

Д.1.2.11 Важливою особливістю проміжної події, яка безпосередньо слідує за початковою, є стан струменя: "вимкнутий" - "не вимкнутий". На схемі цієї ПрП відповідає позиція "2" (ПрП2). Оцінкою ймовірності того, що при спробі входу струмінь виявляється невимкнутим, тут прийнято значення 0,05 (одна така подія приблизно на 20 спроб входу). Очевидно, що входу в ситуації вимкнутого струменя (з імовірністю 0,95) відповідають гілки, які не спричиняють критичну подію.

Д.1.2.12 Аналогічно конструюються розгалуження, які відображають реалізацію (нереалізацію) проміжних подій (ПрП3 - ПрП10). На схемі Рис. Д.1.1.А показано характер розгалужень дерева подій і наведено оцінки їх імовірностей ("так" - реалізація відповідних ПрП, "ні" - нереалізація).

Д.1.2.13 Оскільки всі ПрП вважаються незалежними, а реалізація кожної наступної ПрП відбувається лише за умови реалізації попередньої події, агрегована ймовірність ЦПрП ("вхід у небезпечну зону") є добутком імовірностей альтернативних реалізацій кожної з ПрП. Значення цих агрегованих ймовірностей реалізації ЦПрП представлені числами у прямокутниках, розташованих у вершин тих гілок (позначених кружками), що з ненульовою ймовірністю досягають ЦПрП (на схемі - позиція 16).

Д.1.2.14 Зі схеми Рис. Д.1.1.А видно, що при даній композиції ймовірностей окремих ПрП є лише одна головна гілка дерева подій (на схемі виділена подвійними лініями з потовщенням), що відповідає максимальній імовірності входу до небезпечної зони ( $3,5 \times 10^{-5}$  на рік на одну спробу входу).

Ймовірність для всіх інших "ненульових" гілок на 2,5-5 порядків нижча. Це означає, що при подальшому аналізі ці "мало-імовірні" гілки можна не враховувати. По суті, перша частина аналізу полягає в ідентифікації обмеженої кількості головних гілок, які ведуть до ЦПрП.

Д.1.2.15 Наступним кроком імовірнісного аналізу є дослідження тих окремих імовірностей ПрП, що входять у дану гілку, реалізація яких, власне, і є причиною

"високого значення" агрегованої ймовірності "входу до небезпечної зони" за ланцюгом подій, що утворюють головну гілку. У даному випадку - це подія проникнення людини крізь огорожувальні ґрати (позиція 8), ймовірність якої - неприпустимо висока (0,2).

Д.1.2.16 З другої частини схеми (Рис. Д.1.1Б) випливає, що серед чотирьох гілок послідовностей ПрП, які можуть реалізуватися після входу до небезпечної зони і завершитися КП, тільки дві мають достатньо високі і порівняні за величиною агреговані ймовірності реалізації цього КП. Причиною однієї з них є "ненатиск" кнопки аварійного відключення струменю, хоча ця система і функціонує (позиція 13), а в іншій гілці, яка спричиняє найбільшу ймовірність окремого КП ( $1,7 \times 10^{-5}$ ), найважливішим ПрП є неспрацювання системи аварійного виключення струменю (позиція 12).

Д.1.2.17 Весь попередній ймовірнісний аналіз по суті стосувався формування окремих КП. Ймовірність власне КП, що оцінюється за формулою (Д.1.2) пункту Д.1.1.5, є сумою тих ймовірностей, значення яких розміщені в рамках на Рис. Д.1.1Б. З урахуванням цієї обставини оцінка агрегованої ймовірності КП становитиме  $2,3 \times 10^{-5}$  на рік на одну спробу входу до залу прискорювача.

Д.1.2.18 Значення агрегованої ймовірності КП, наведене в попередньому пункті, дозволяє перейти до аналізу відповідності даної конструкції прискорювача та його штатних засобів протирадіаційного захисту від потенційного опромінення робітників, а також технології роботи дослідницького і обслуговуючого персоналу, тим радіаційно-гігієнічним нормативам, що регламентуються даним документом.

Рис. Д.1.1 "Дерево подій", що використовується для ймовірностного аналізу ЦПрП "вхід до небезпечної зони" (А) та реалізації потенційного опромінення (Б) у зв'язку зі спробою проникнення людини в зал прискорювача при невиключеному струмені

З [рисунком Д.1.1](#) можна ознайомитись: розділ "Довідники", підрозділ "Додатки до документів", папка "Постанови".

Д.1.2.19 Якщо відповідно до проектної технології прискорювач у середньому працює  $m_1$  днів на рік, а середня кількість щоденних відвідувань залу прискорювача становить  $m_2$ , то середньорічна кількість початкових подій ("спроба увійти") становить  $M = m_1 * m_2$ . Тоді ймовірність КП збільшиться у  $M$  разів у порівнянні з тією, яка оцінена з розрахунку на одну спробу входу протягом року.

Д.1.2.20 У досить типовому випадку, коли прискорювач працює 3-4 місяці на рік ( $m_1 = 100$  днів), а середня технологічна потреба входу до залу  $m_2$  не перевищує 10 відвідувань на день, ймовірність КП для такого режиму роботи вже становить  $2,3 \times 10^{-2}$  рік<sup>-1</sup> (при  $M = 1000$ ).

Д.1.2.21 У випадку реалізації критичної події рівні ефективних доз опромінення робітника, який опинився у залі, можуть перевищити 100 мЗв, а поглинута доза в окремому органі (частині тіла) може бути вища за 1000 мГр.

Д.1.2.22 Згідно з вимогами п. 2.7 для означених у п. Д.1.2.21 рівнів доз референтні ймовірності критичної події не повинні перевищувати  $2 \times 10^{-4}$  рік<sup>-1</sup> (за ефективною дозою) і  $5 \times 10^{-7}$  рік<sup>-1</sup> (за критерієм поглинутої дози). Зіставлення цих регламентів з отриманою у п. Д.1.2.17 оцінкою агрегованої ймовірності КП, що дорівнює  $2,3 \times 10^{-5}$  рік<sup>-1</sup>, свідчить, що рівень захисту від потенційного опромінення персоналу абсолютно недостатній як за критерієм ефективної дози, так і (тим більше) за критерієм поглинутої дози: у першому випадку розрахункова ймовірність КП перевищує референтне значення більш, ніж на два, а в другому - більш, ніж на п'ять порядків.

Д.1.2.23 Заключний етап аналізу полягає в обґрунтуванні таких змін (покращень) конструкції та технології, які мають бути внесені до проекту з тим, щоб забезпечити нормативні рівні захисту персоналу від потенційного опромінення:

\* Необхідно різко посилити бар'єрні функції захисних ґрат з тим, щоб практично вилучити можливість проникнення крізь них (ймовірність ПрП за позицією 8 має бути зменшена з  $0,2$  до  $2 \times 10^{-4}$ ).

\* Доцільно істотно посилити вимоги і передбачити відповідні заходи з покращання професійної підготовки і дисциплінованості персоналу з тим, щоб імовірність ПрП, пов'язана з "ігноруванням попереджувальних знаків і систем", була знижена з  $0,5$  принаймні до  $0,05$  (позиція 5 на схемі Рис. Д.1.1А).

\* Цілком неприпустимо, щоб кожний другий робітник "ігнорував" процедуру аварійної зупинки струменю, якщо він опиниться у залі прискорювача (позиція 12). Навченість, тренуваність і дисциплінованість персоналу повинна підтримуватися на такому рівні, щоб імовірність такого роду подій не перевищувала  $1 \times 10^{-2}$ .

\* Доведена до автоматизму процедура натискування кнопки аварійного виключення має забезпечувати ймовірність реалізації цієї дії до величини, близької до одиниці (а не  $0,7$ , як у позиції 13). Можна вважати, що прийнятною ймовірністю випадків ігнорування процедури натискування аварійної кнопки буде  $3 \times 10^{-3}$ .

Д.1.2.24 У разі реалізації усіх покращень, сформульованих у попередньому пункті (схема на Рис. Д.1.2), ймовірність ЦПрП по колишній головній гілці повинна зменшитися до  $3,5 \times 10^{-9}$  і зрівнятися з іншими двома гілками, агреговані ймовірності ЦПрП яких  $5 \times 10^{-9}$  та  $2,5 \times 10^{-9}$  (позиція 10, Рис. Д.1.2.А).

З урахуванням нових значень ймовірностей ЦПрП по кожній окремій гілці, повна агрегована ймовірність цієї події -  $1,2 \times 10^{-8}$ , а агрегована ймовірність критичної події зменшиться до  $1,7 \times 10^{-10}$  на 1 спробу на рік.

Д.1.2.25 Повертаючись до оціненого у п. Д.1.2.20 значення  $M = 1000$  входів на рік, нове значення ймовірності КП становить  $1,7 \times 10^{-7}$  на рік (на повне число спроб  $M$ ), що виявляється вже прийнятним і за критерієм ефективно, і за критерієм поглинутої дози потенційного опромінення (Таблиця 2.2).

### **Д.1.3 Ілюстративна модель типу "дерево відмов"**

Д.1.3.1 Розглядається "дерево відмов", пов'язане з реалізацією критичної події, яка спричинила переопромінення пацієнта при отриманні призначеної йому радіотерапевтичної дози (джерело потенційного опромінення четвертої групи).

Рис. Д.1.2 "Дерево подій" з новими значеннями ПП, ЦПрП та окремих КП, що забезпечують неперевищення нормативних (референтних) значень ймовірностей КП (пояснення у тексті)

З [рисунок Д.1.2](#) можна ознайомитись: розділ "Довідники", підрозділ "Додатки до документів", папка "Постанови".

Д.1.3.2 Основні узагальнені конструкційно-технологічні характеристики гамма-терапевтичної установки (ГТУ) такі:

- радіаційний блок є системою радіально розташованих окремих радіонуклідних ( $^{60}\text{Co}$ ) джерел гамма-квантів, які розміщені у потужному захисному контейнері вагою 8 тон;

- гама-випромінювання від джерел (завдяки їх радіальному розташуванню, а також наявності системи взаємозамінних і керованих коліматорів) фокусується у "точці" (малій області) онкоосередка, де власне і реалізується терапевтична доза; саме завдяки такій геометрії гама-поля опромінення здорових тканин, що розташовані поза онкоосередком утримується на прийнятно низькому рівні (головне призначення такого роду ГТУ - лікування пухлин мозку);

- пацієнта спочатку розміщують на спеціальному процедурному столі, що є конструктивною частиною ГТУ, а його голова фіксується всередині спеціального пристрою ("шолому"), до якого підведена система полеутворюючих змінних коліматорів;

- переміщення процедурного столу здійснюється за допомогою гідравлічної системи, а фіксація положення пацієнта всередині поля гама-випромінювачів забезпечується системою мікроелектричних вимикачів;

- до складу такого роду ГТУ входить також загальний пульт управління апаратом та комп'ютерна система планування індивідуальних дозових схем лікування.

Д.1.3.3 Конкретний приклад відмови в системі ГТУ, що спричинила більш, ніж двократне переопромінення пацієнта, відповідає реальній ситуації, описаній Джонсом з співавторами, 1996 (цитуються за Публікацією 76 МКРЗ, 1996 р.). Критична ситуація, зокрема, розвивалася за наступним сценарієм.

\* Наприкінці експозиції гідравлічна система, що забезпечує зворотний рух процедурного столу, не спрацювала.

\* Персонал, який ідентифікував відмову двохпозиційного клапану гідросистеми (соленоїд, керуючий клапаном, виявився заклиненим у позиції: "стіл усередині"), відповідального за включення гідропомпи, спробував спочатку дистанційно усунути блокування клапана, а після цього запустити гідропомпу вручну.

\* Відразу ж після описаних вище безрезультатних спроб включити систему виведення пацієнта з зони опромінення, персонал увійшов до процедурного залу, вручну визволив фіксатори колімаційного шолому, зняв тиск у гідросистемі і вручну викотив процедурний стіл, після чого пацієнт опинився поза гама-полем радіаційного блоку. Ці дії зайняли близько 4-х хвилин, протягом яких пацієнт продовжував опромінюватися, так що сумарна доза виявилася вдвічі більшою, ніж планова.

Д.1.3.4 На схемі Рис. Д.1.3 показані гілки "дерева відмов", причому та гілка, що відповідає описаному вище інциденту (вона може бути умовно названа "гілка відмов гідросистеми") виділена потовщеними стрілками, а самі елементарні відмови в рамках цієї гілки стисло описані всередині прямокутників з темно-сірим фоном.

Д.1.3.5 Хоча в описаному вище прикладі розглянута конкретна відмова окремої системи, до критичної події "переопромінення, пов'язане з відмовою ГТУ", можуть спричинитися аварії іншого роду: механічні (заклинювання процедурного столу - лівий верхній прямокутник на схемі), або електричні, пов'язані з відмовами мікроперемикачів або таймера, що спричиняють неправильну експозицію (група відмов, що утворюють гілку у правій частині "дерева відмов").

Д.1.3.6 Рис. Д.1.3 ілюструє побудову і якісний аналіз "дерева відмов", яке пов'язане лише з технічними властивостями елементів конструкції ГТУ. Однак до переопромінення пацієнта можуть спричинити такі події, як "неправильна (помилкова) дія персоналу". В останньому випадку доцільно додатково внести гілки такого роду подій в загальне дерево "відмов".

Д.1.3.7 На схемі Рис. Д.1.3 вказані окремі ймовірності різних елементарних відмов (позначені літерами: a, b, c, d, e, f, g, h, k, l), а також наведено формальні операції, що

застосовуються при оцінці агрегованих імовірностей відмов окремих систем і ймовірності реалізації самої критичної події.

Рис. Д.1.3 "Дерево відмов",  
яке використовується для ймовірного  
аналізу критичної події, яка приводить  
до переопромінення пацієнта у зв'язку  
з аварією ГТУ, що виникла  
в процесі проведення процедури

З [рисунком Д.1.3](#) можна ознайомитись: розділ "Довідники", підрозділ "Додатки до документів", папка "Постанови".

Таблиця Д.1.1 Приклад експертних оцінок імовірностей елементарних подій і відмов елементів даної ГТУ, які розглядаються при аналізі критичної події, що спричинила переопромінення пацієнта

Відмови	Інтервал імовірносних оцінок
Відмова аудіо-візуального зв'язку	0,02-0,10
Втручання персоналу до процедури опромінення (лікування припинено або аварійно перервано)	0,01-0,02
Відмова блокувального пристрою входних дверей	0,01-0,02
Необхідність аварійних дій	0,01
Недбалі дії персоналу	0,002-0,010
Заклинювання процедурного столу при спробі видалення з опромінювала	0,002-0,010
Неможливість повного закриття дверей	0,001-0,002
Вихід із ладу таймера (лічильника)	0,001-0,002
Відмови кнопок пульта управління ГТУ	0,001-0,002
Відмова або неправильні показники моніторів гама-поля (дози)	0,001-0,002
Відмови електричних компонент	0,001-0,002
Відмови в мережі електропостачання	0,001-0,002
Відмови елементів гідравлічної системи	0,001-0,002
Виток робочого тіла гідросистеми (з втратою тиску)	0,001-0,002
Зупинки процедурного столу при переміщеннях	0,001
Недостатня підгонка шолома з внутрішнім коліматором	0,001
Відмови у роботі мікро перемикачів шолома	0,001
Вихід із ладу дверного замка	0,001

Відмова світлового індикатора стану ГТУ	0,001	
-----	-----	-----
Відмова системи аварійної зупинки	0,001	
-----	-----	-----
Вихід із ладу важелю аварійного вивільнення	0,001	
фіксації		
-----	-----	-----

Д.1.3.8 Отримання числових значень окремих імовірностей елементарних відмов або подій пов'язане з рядом серйозних труднощів, подолання яких можливе з використанням експертних оцінок. У Таблиці Д.1.1 наведено інтервальні оцінки такого роду ймовірностей стосовно ГТУ, тип якого описано у п. Д.1.3.2, і які отримано внаслідок спеціальної експертизи, виконаної групою лікарів-радіологів, дозиметристів і інженерів-розробників.

Д.1.3.9 Наведені в Таблиці Д.1.1 експертні оцінки відносних імовірностей нормовані на одну процедуру і ілюструють лише загальний підхід до побудови "дерева відмов" ("дерева подій") стосовно деякого конкретного джерела потенційного опромінення четвертої групи. Детальні вимоги до методичних процедур повинні розглядатися і регламентуватися спеціальним документом Міністерства Охорони Здоров'я України (див. розділ 5 "Джерела потенційного опромінення четвертої групи (Медичне опромінення)").

## Додаток 2

### **Про кваліфікацію об'єкту "укриття" (ОУ) як тимчасового сховища РАВ**

Д.2.1 Створення повної системи регламентів, правил і вимог, що гарантують безпечну (для персоналу та населення) експлуатацію будь-якого об'єкту, неможливо без детального гігієнічного аналізу основних його властивостей з метою обґрунтованої кваліфікації. Це положення в повній мірі стосується такого унікального складного об'єкту, яким є "Укриття".

Метою цього Документа і є встановлення кваліфікації ОУ, що ґрунтується на результатах радіаційно-гігієнічного аналізу сучасних властивостей даного об'єкту.

Д.2.2 У точній відповідності зі встановленим у п. 4.1.4 визначенням РАВ як такого виду радіоактивних матеріалів "стосовно яких... ще нема рішення відносно того, яким чином ці матеріали можуть бути використані...", а також визначенням поняття "зберігання" "як ... виду тимчасового збереження РАВ...", об'єкт "Укриття" у нинішньому його стані слід кваліфікувати як "місце поверхневого зберігання неорганізованих РАВ ("тимчасове сховище неорганізованих РАВ, які знаходяться в стадії стабілізації і реконструкції")".

Ця кваліфікація ОУ обов'язкова для використання в сфері регулювання радіаційної безпеки персоналу і населення.

Д.2.3 Підставою для кваліфікації ОУ як "тимчасового сховища РАВ" є те, що:

- вміст "Укриття" є "особливим видом відходів, відносно яких..." є підстава припускати, "... що ні зараз, і ніколи в майбутньому вони не можуть бути використані" (п. 4.1.4);

- питома активність радіонуклідів в ОУ "перевищує встановлені ОСПУ рівні вилучення цих радіонуклідів із сфери санітарного нагляду" (п. 4.1.4);

- саме "Укриття" "є спорудою, розташованою на поверхні... землі, спеціально обладнаною та конструкційно оформленою таким чином, щоб гарантувалася тривала



ізоляція РАВ від попадання їх у біосферу..." (див. розділ: "Абревіатури, терміни, визначення").

Д.2.4 Надзвичайні обставини, що вимагали екстреного зведення "Укриття", були причиною того, що вимоги до подібних споруд, які полягають у тому, зокрема, щоб "...гарантувалась тривала ізоляція РАВ від попадання їх у біосферу...", були виконані лише частково. Саме тому всі роботи на ОУ здійснюються як у напрямі максимального наближення до означених вимог (стадія "стабілізації"), так і в напрямі пошуку оптимальних проектних рішень, спрямованих на радикальну реконструкцію цього об'єкту (стадія "перетворення") з тим, щоб справді і повністю були забезпечені гарантії тривалої ізоляції РАВ ОУ від навколишнього середовища.

Д.2.5 При підготовці санітарного паспорту й інших документів, необхідних для здійснення поточного санітарного нагляду, обов'язковим є визначення статусу (кваліфікація) будь-якого об'єкту з радіаційно-ядерними технологіями і джерелами іонізуючих випромінювань. У процесі визначення статусу (кваліфікації) повинні зважати на:

- відомості історичного характеру відносно виникнення даного об'єкта (стосовно ОУ - це "...зруйнований запроектною аварією блок N 4 ЧАЕС...");

- узагальнені характеристики та цілі робіт, які проводилися раніше (на ОУ - це "першочергові заходи для зменшення наслідків аварії...");

- загальна характеристика робіт на час визначення статусу об'єкта (в нинішній час на ОУ "тривають роботи по забезпеченню ядерної та радіаційної безпеки");

- загальна характеристика джерела поточного та потенційного опромінення (на ОУ - це багатотонні неорганізовані маси речовини та матеріалів, що містять значну кількість довгоіснуючих уламкових та паливних радіонуклідів);

- загальна характеристика споруд, що виконують бар'єрні функції, які полягають як у запобіганні несанкціонованих контактів людини з радіоактивними речовинами, так і в утриманні цих речовин від проникнення у навколишнє середовище (для об'єкту, що розглядається, - головним спорудженням такого призначення є саме "Укриття");

- відомості, що стосуються майбутніх (запланованих) робіт з реконструкції даного об'єкта, особливо у напрямі захисту людей і навколишнього середовища (для ОУ - це "стабілізація", "перетворення в екологічно безпечний стан" з можливим перезахороненням радіоактивних матеріалів, що зберігаються всередині "Укриття" в спеціально пристосовані для цієї мети поховання);

- інформація про наявність, структуру та матеріально-технічну забезпеченість як усієї системи протирадіаційного захисту, так і служби внутрішньої та зовнішньої дозиметрії.

Д.2.6 Перелік відомостей, що містяться у п. Д.2.5 відносно деяких загальних властивостей об'єкту "Укриття", є необхідним, але недостатнім для кваліфікації цього об'єкту.

Умова достатності може бути виконана, якщо буде проаналізовано і враховано, до якого роду об'єктів за своїми конструкційними та технологічними характеристиками найбільшою (найменшою) мірою близький ОУ.

\* Важливим для цілей кваліфікації є те, що ОУ втратив всі не тільки технологічні (функціональні) властивості енергоблоку АЕС, але й всі конструкційні ознаки як енергетичного ядерного реактора, так і енергоблоку в цілому. Тому кваліфікація ОУ в рамках даного класу об'єктів ("реактор", "енергоблок") неможлива.

\* І склад, і організація, і перспективи реутилізації радіоактивних речовин, які містяться зараз в ОУ та виникли внаслідок аварійного розрушення реактора 4-го енергоблока ЧАЕС (а також в результаті контраварійних заходів на найранішній стадії аварії) такі, що ці матеріали найбільшою мірою відповідають визначенню радіоактивних відходів (див п. Д.2.3).

Д.2.7 З положень пп. Д.2.3, Д.2.4, а також аналізу, виконаного у пп. Д.2.5, Д.2.6, витікає:

\* Хоча нове джерело і виникло внаслідок аварії ядерного реактора (а не внаслідок деякої РАВ-утворюючої технології), це джерело (вміст "Укриття") є радіоактивними відходами (неорганізованими якраз внаслідок їхнього "аварійного", а не технологічного походження).

\* Сама ж ця споруда ("Укриття"), відповідно до свого функціонального призначення, об'єктивно набуває всіх властивостей місця тимчасового зберігання РАВ, які утворилися внаслідок аварії.

\* Такий статус буде розповсюджуватися на об'єкт "Укриття" принаймні доти, доки або не вдасться розробити та реалізувати відповідні технології вилучення, переробки та переміщення паливно-містких мас у сховища постійного типу "захоронення", або сам ОУ не буде перетворено на таке сховище.

Д.2.8 З урахуванням попередніх положень на всіх стадіях проектування робіт зі стабілізації та (або) перетворення ОУ повинні розглядатися джерела потенційного опромінення першої та другої груп.

Стосовно тих проектних рішень, які передбачають перетворення ОУ на місце постійного захоронення РАВ, повинні розглядатися також і джерела потенційного опромінення третьої групи.

### Додаток 3

#### **Загальна структура формування рішень щодо видів захоронення РАВ**

Д.3.1 На схемі рисунка Д.3.1 подано загальну структуру ітераційного процесу прийняття рішень відносно допустимості захоронення даних РАВ у сховищах поверхневого типу.

Д.3.2 Як видно із схеми Рис. Д.3.1, першим кроком у процедурі вибору та обґрунтування є визначення мети:

- можливість (неможливість) здійснювати захоронення даних РАВ у спорудах поверхневого типу;

- обговорення варіантів звільнення (повне, обмежене або обмежене зі спеціальними вимогами) через 300 років після захоронення;

- розгляд ландшафтно-географічних, гідрогеологічних, соціально-економічних та інших умов на тій території, де планується відведення дільниці під сховище, з точки зору природоохоронної та соціально-економічної прийнятності подібного рішення.

Д.3.3 Далі процедура повинна містити:

- розгляд властивостей РАВ і локальних характеристик майданчика для майбутнього сховища;

- встановлення необхідних для розгляду в даній ситуації сценаріїв, які можуть спричинити критичні події, пов'язані з природними процесами і ненавмисним втручанням людини, а також оцінка їхньої імовірності;

- отримання розрахункових дозових оцінок відповідно до референтних сценаріїв опромінення (Додаток 4) (звичайно за допомогою спеціального узгодженого з органами санітарного нагляду програмно-математичного апарату);

- інтерпретація отриманих розрахункових дозових оцінок та порівняння їх з регламентами безпеки, відповідно до поверхневих захоронень.

Д.3.4 На схемі Рис. Д.3.1 особливо виділений ряд головних альтернативних результатів інтерпретації кінцевих оцінок:

- чи задовольняють оцінки імовірності реалізації критичних подій регламенту: неперевищення ймовірності  $1 \times 10^{-2}$  рік<sup>-1</sup>; у випадку невиконання цієї умови опромінення від такого джерела слід вже розглядати як поточне і далі перевірити, чи задовольняють очікувані дози умові неперевищення їх регламенту для поточного

-1 опромінення: 10 мкЗв\*рік; невиконання також і цієї другої умови означає, що поверхнєве захоронення неприпустиме;

- чи відповідають отримані розрахункові дозові оцінки регламентам і обмеженням, які накладаються цим документом на прийняття рішення про поверхнєве захоронення РАВ, що розглядаються, у даному конкретному місці; якщо відповідь позитивна, то приймається рішення про допустимість поверхнєвого захоронення; у цьому випадку встановлюється також, який варіант звільнення можливий через 300 років стосовно даної конкретної ситуації (див. схему на Рис. Д.3.2);

- якщо отримані розрахункові дозові та імовірнісні оцінки не відповідають встановленим регламентам і обмеженням, то наступним важливим кроком є розгляд питання про можливість і необхідність нових ітерацій, але з переглянутими (модифікованими, уточненими) наборами параметрів; подібний перегляд доцільний лише у тому випадку, якщо вдається справді уточнити характеристики РАВ, отримати більш детальну історико-геологічну та гідрологічну інформацію про дану місцевість, нарешті, залучити до розгляду більш надійні відомості про бар'єрні властивості конструкцій і матеріалів запланованої інженерної споруди;

- якщо всі розумні можливості перегляду й модифікації параметрів вичерпані, то приймається рішення про недопустимість поверхнєвого захоронення.

Рис. Д.3.1 Загальна структура ітераційного процесу прийняття рішень відносно типу захоронення

З [рисунок Д.3.1](#) можна ознайомитись: розділ "Довідники", підрозділ "Додатки до документів", папка "Постанови".

Д.3.5 Надзвичайно важливими для прийняття рішень є результати зіставлення отриманих розрахунково-сценарних оцінок з регламентами, встановленими цим документом. Тому на Рис. Д.3.2 показана детальна структура як самих цих регламентів, так і їх місце у загальній процедурі прийняття рішень.

Далі окремі блоки цієї схеми роз'яснюються більш докладно:

\* У правій частини схеми на рисунку Д.3.2 виділені чотири блоки, що відображують форми звільнення РАВ, які надаються Державним регулюючим органом: "повне", "обмежене", "обмежене зі спеціальними вимогами", а також випадок, коли протягом заданого періоду "звільнення" "не надається" ні в одній з названих форм.

\* У лівій частині схеми демонструється, з якого роду регламентами необхідно зіставляти проектні значення доз потенційного опромінення (ненавмисне втручання людини, природні процеси та явища).

\* Рівні доз, оцінені для різноманітних сценаріїв реалізації потенційного опромінення, порівнюються з встановленими (п. 4.2.3) референтними дозовими рівнями А та Б:

- "вище рівня А" - звільнення не надається ні за яких обставин;

- "нижче рівня Б" - форма звільнення може бути будь-яка, залежно від поєднання інших проектних показників поточної та майбутньої радіаційної обстановки у місці розташування сховища РАВ, а також запропонованих конструктивно-технологічних рішень і властивостей РАВ;

- нарешті, при попаданні розрахункових (проектних) доз потенційного опромінення в інтервал значень між рівнями А та Б, звільнення може надаватися лише у формі обмеженого зі спеціальними вимогами.

\* До групи блоків, об'єднаних терміном "регламенти" належить також рівень допустимого поточного опромінення, що дорівнює 10 мкЗв на рік, неперевищення якого є необхідною умовою надання звільнення.

\* Обов'язковою у схемі прийняття рішень є процедура зіставлення проектних радіаційних характеристик РАВ з рівнями вилучення, встановленими ОСПУ.

\* У нижній правій частині схеми показані три блоки овальної форми, що демонструють три типи рішень відносно можливості (або неможливості) захоронення даних РАВ у сховищах поверхневого типу. Ці три варіанти рішень формулюються так:

- "захоронення допускається в поверхневих сховищах" (що, проте, не забороняє використовувати для захоронення сховища глибинного типу);

- "найбільш прийнятним є глибинне захоронення" (при певному поєднанні умов, які допускають обмежене звільнення зі спеціальними вимогами, можливі також рішення про захоронення РАВ у поверхневі сховища);

- властивості РАВ і зіставлення проектних радіаційних показників з регламентами такі, що "захоронення можливе лише в глибоких стабільних геологічних формаціях".

\* Фонове штрихування блоків, що відповідають формам звільнення і видам захоронень, на схемі виконано так, щоб ці блоки можна було легко зіставити з двома основними типами РАВ ("короткоіснуючі" та "довгоіснуючі"), які визначені Законом України "Про поводження з РАВ" ( [255/95-ВР](#) ), 1995, та цим Документом.

\* Під типом РАВ, який на схемі коротко визначено як "такий, що визначається індивідуально", розуміється, що можуть бути випадки, коли остаточне рішення відносно кваліфікації типу РАВ (коротко- або довгоіснуючі) встановлюється за індивідуальним погодженням з Регулюючим Органом.

Рис. Д.3.2 Загальна схема формування рішень про типи РАВ та види захоронень

З [рисунком Д.3.2](#) можна ознайомитись: розділ "Довідники", підрозділ "Додатки до документів", папка "Постанови".

**Загальні вимоги до аналізу  
сценаріїв критичної події і референтних  
сценаріїв опромінення (джерела потенційного  
опромінення третьої групи)**

Д.4.1 Відповідно до п. 4.2.5 при аналізі джерел потенційного опромінення третьої групи повинні розглядатися наступні два типи сценаріїв, що можуть призвести до реалізації критичної події, яка спричиняє руйнування (порушення цілісності) сховища РАВ та проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

(а) Сценарії, в рамках яких порушення сховища можливе внаслідок природних процесів та явищ, у тому числі, катастрофічних:

- землетруси;
- потужні паводки, аномальні випадіння опадів, зміни русла річок та інші явища і процеси, що спричиняють повне або часткове затоплення сховища;
- оповзні;
- урагани, смерчі;
- виверження вулканів.

(б) Сценарії, в рамках яких руйнування сховища можливе внаслідок ненавмисного втручання (діяльності) людини:

- будівельні роботи з застосуванням землерийних машин та механізмів;
- геологічні і гірські роботи, що виконуються з метою пошуку і розвідки корисних копалин, враховуючі буріння свердловин, проходження гірських виробіток;
- гірські роботи (будівництво та експлуатація шахт, кар'єрів, експлуатаційних свердловин), які здійснюються з метою видобутку корисних копалин.

Д.4.2 Для оцінки імовірності реалізації в певній місцевості критичної події, пов'язаної зі сценаріями типу (а) (п. Д.4.1), повинна залучатися й аналізуватися вся наявна інформація відносно природних аномальних процесів та явищ, накопичена як у відповідних службах спостереження, так і в історико-архівних документах. Зокрема, перевірки підлягають відомості щодо частоти та інтенсивності зареєстрованих у минулому землетрусів, паводків, ураганів.

У результаті ретроспективного аналізу всієї інформації відносно частоти та інтенсивності аномальних природних процесів та явищ, що спостерігалися у минулому, оцінюється:

- імовірність кожного з вищезгаданих явищ для території, що розглядається;
- зіставлення отриманих імовірнісних оцінок з значенням, що регламентоване даним документом,  $1 \times 10^{-2} \text{ рік}^{-1}$  (максимальне значення імовірності, неперевищення якого є критерієм належності цього джерела до категорії "джерело потенційного опромінення");
- оцінка інтенсивності катастрофічних природних явищ, що спостерігалися у минулому, з точки зору їх руйнівних властивостей (наприклад, для землетрусів це оцінка їхньої бальності) як чинника, який визначає вимоги до надійності та стійкості конструкції сховища.

Д.4.3 Стосовно сценаріїв, в яких порушення цілісності сховища може бути зумовлене ненавмисними втручаннями людини, пов'язаними з перерахованими в п. Д.4.1.(б) діями, повинні оцінюватися результати виконаних геологопошукових та геологорозвідувальних робіт з точки зору довготривалої перспективності площ, що розглядаються, на наявність корисних копалин, у тому числі і водоносних пластів.

Якщо такого роду аналіз демонструє перспективність площ, що розглядаються, як джерел корисних копалин, ці території повинні вилучатися з розгляду як можливе місце будівництва сховищ РАВ.

Д.4.4 При розгляді альтернативних варіантів відведення майданчиків під будівництво сховищ РАВ повинна надаватися перевага тим майданчикам і проектним рішенням, в яких за інших рівних умов імовірності реалізації критичних подій в сценаріях типу (а) та (б) виявляються найменшими.

Для зменшення імовірності реалізації сценаріїв, пов'язаних з будівельними роботами, може розглядатися варіант приповерхневого сховища, на глибині більше 10 - 20 метрів.

Вимоги, що стосуються вибору (з різних варіантів) майданчика і технічного рішення таких, що імовірності зруйнування сховища в майбутньому виявляються не тільки прийнятно низькими (відповідними регламентам), але й нижче встановлених регламентів, є однією з важливих форм застосування принципу оптимізації (п. 4.2.9).

Д.4.5 При отриманні дозових оцінок потенційного опромінення від джерел третьої групи не має принципового значення, який із типів вищенаведених сценаріїв критичної події реалізувався: чи була це природна катастрофа, чи ненавмисне втручання людини. Тому далі встановлюється обов'язковий набір з п'яти референтних сценаріїв опромінення(\*), який відповідає п'яти головним шляхам формування доз:

---

(\*) У рамках даного додатка розвиток всіх подій розглядається як послідовність реалізації двох типів сценаріїв: "сценаріїв критичної події", що охоплюють процеси і явища, які спричиняють порушення цілісності сховища РАВ, та "референтних сценаріїв опромінення", в яких розглядаються різні форми діяльності і режими поведінки людини, а також професійно-вікові групи населення. Далі, якщо це не породжує непорозуміння, допускається використання скорочення "сценарій".

- Надходження радіонуклідів з питною водою.
- Надходження радіонуклідів з продуктами харчування.
- Інгаляційний.
- Зовнішнє гама-опромінення, дистанційне та контактне бета-опромінення шкіри.
- Випадкове проковтування дрібних фрагментів речовини РАВ.

Д.4.6 Для кожного з п'яти обов'язкових референтних сценаріїв опромінення далі встановлюється мінімальний, але достатній набір референтних параметрів і характеристик (припущень, допущень), що забезпечують і необхідну консервативність, і реалістичність сценарних дозових оцінок.

Д.4.7 Якщо для даної місцевості, де планується відведення майданчика під сховище РАВ, а також для конкретного складу цих РАВ і запропонованих конструктивно-технологічних рішень є дані відносно інших (у порівнянні з референтними) значень сценарних параметрів, використання яких спричиняє більш високі розрахункові дози

потенційного опромінення, тоді повинен використовуватися саме цей (а не референтний) набір параметрів.

Д.4.8 Набори сценарних параметрів, які відрізняються від референтних і використання яких призводить до менш консервативних дозових оцінок (ніж у випадку референтних наборів), допускається лише за умови надання у органи Держсанепідслужби детального обґрунтування такого вибору і отримання відповідного узгодження.

Д.4.9 Сценарій 1. Надходження радіонуклідів з питною водою.

\* При формуванні даного сценарію припускається, що незалежно від типу критичної події, яка викликала заповнення тіла сховища водою (протікання атмосферних опадів, підтоплення внаслідок ординарних або аномальних паводків, поступове обводнення місцевості через зміни річищ водних артерій), питома активність цієї води виявляється, з одного боку, максимальною, а з іншого - ця концентрація за рахунок збалансованості водних джерел і стоків підтримується постійною (умова стаціонарності).

\* Перерахованим вище умовам відповідає окремий сценарій заповнення водою сховища, за яким постійним "маловодним" джерелом є атмосферні опади. Всі інші, більш "багатоводні" джерела (підвищення рівня ґрунтових вод, паводки та ін.) спричиняються до істотно більшого розбавлення активності радіонуклідів, відповідно меншої їхньої концентрації у потенційному джерелі питного водопостачання, а отже, і до менш консервативних дозових оцінок.

\* Приймається, що джерело питного водопостачання (наприклад, криниця) споруджене або безпосередньо над тілом обводненого сховища РАВ, або на несуттєвій відстані від сховища.

\* В обох випадках консервативно приймається, що питома радіоактивність питної води не відрізняється від питомої радіоактивності води у зруйнованому сховищі.

\* Через зміни бар'єрних властивостей конструкцій і фізико-хімічних форм матеріалів, які перебувають у сховищі на час його звільнення, агрегована парціальна швидкість переходу радіоактивності з РАВ у воду становить  $1 \times 10^{-5} \text{рік}^{-1}$  (не менше).

\* Прийнято, що обводнення тіла сховища відбувається за рахунок атмосферних опадів інтенсивністю  $0,6 \text{ м. рік}^{-1}$  (характерне для України середньорічне значення). При такому референтному значенні опадів джерело є консервативно маловодним, а самий сценарій такого роду стає незалежним від розміру сховища.

\* Обсяг питної води, що споживається з забрудненого джерела однією людиною в залежності від віку дорівнює референтним значенням, наведеним в [НРБУ-97](#).

Д.4.10 Сценарій 2. Надходження радіонуклідів з продуктами харчування.

\* У цьому сценарії припускається, що радіоактивне забруднення ґрунту відбувається за рахунок рівномірного змішування з ним РАВ зі зруйнованого сховища. Це, зокрема, може відбуватися у випадку екскаваційних або інших ґрунтових робіт.

\* У кінцевому підсумку питома радіоактивність продуктивного шару ґрунту досягає 0.1 від питомої активності РАВ. Значення, менш ніж 0.1, не відповідають умові консервативності сценарних оцінок, а вміст у ґрунті більше 10% матеріалів РАВ може зробити такий ґрунт непридатним для сільськогосподарського використання.

\* Серед різних варіантів землекористування картоплярство (та рослинництво в цілому) є й достатньо розповсюдженим видом сільськогосподарської діяльності і водночас забезпечує достатньо консервативні оцінки доз внутрішнього опромінення.

Використання подібних радіоактивно забруднених ґрунтів під луки та пасовища (м'ясо-молочне виробництво) менш значуще з точки зору формування дози.

\* Для виконання розрахунків у рамках даного сценарію встановлюються референтні значення агрегованих коефіцієнтів переходу  $V_{vs}$  "ґрунт - продукти харчування рослинного походження", наведені в Таблиці Д.4.1.

\* Використовуються також референтні значення річного споживання продуктів рослинництва, вироблених на забруднених РАВ ґрунтах (НРБУ-97).

#### Д.4.11 Сценарій З. Інгаляція радіоактивних аерозолів.

Цілісність сховища порушена внаслідок рекультивації, екскаваційних або інших ґрунтових робіт, і опромінення населення відбувається за рахунок вдихання радіоактивних аерозолів, що утворюються при вітряному або механічному (антропогенному) підйомі. Розглядаються три окремих сценарних варіанти інгаляції.

Як підсумкове приймається максимальне значення дози, отримане в результаті розрахунків, що використовують як весь заданий в кожному з сценаріїв інтервал AMAD, так і шість референтних вікових груп разом з трьома референтними типами системного надходження (Додаток 2 п. [Д.2.2.6](#) НРБУ-97).

\* Підсценарій За. Населення, що проживає безпосередньо на території колишнього сховища, інгалює аерозолі в умовах слабкого запилення. Для цього окремого сценарію встановлюється наступний набір референтних параметрів:

- Вміст пилу в приземному шарі повітря -  $200 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$  ;
- Частка радіоактивних матеріалів у складі пилу, що інгалюється - 10%;
- Час інгаляції (протягом року) радіоактивних аерозолів - 8760 годин;
- AMAD радіоактивних аерозолів перебуває в діапазоні 0.01 - 30 мкм.

\* Підсценарій Зб. Населення періодично присутнє або безпосередньо на території колишнього сховища, або в межах території, забрудненої матеріалами з тіла сховища (наприклад, якщо територія ввійшла до складу зони рекреації та використовується для спортивних ігор).

Референтні параметри сценарію Зб:

- Вміст пилу в приземному шарі повітря -  $1000 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$  ;
- Частка радіоактивних матеріалів у складі інгалюваного пилу - 100%;
- Сумарний час (протягом року) інгаляції радіоактивних аерозолів - 100 годин;
- AMAD радіоактивних аерозолів - у діапазоні 0.01 - 30 мкм;

\* Підсценарій Зв. Опромінюються особи, зайняті в будівельних, дорожніх або сільсько-господарських роботах (з інтенсивним запиленням) на території колишнього сховища.

Референтні параметри сценарію Зв:

- Вміст пилу в приземному шарі повітря -  $5000 \text{ мкг} \cdot \text{м}^{-3}$  ;
- Частка радіоактивних матеріалів у складі інгалюваного пилу 30%;



- Сумарний час (протягом року) інгаляції радіоактивних аерозолів - 100 годин;

- AMAD радіоактивних аерозолів - у діапазоні 0.1 - 100 мкм.

Таблиця Д.4.1 - Референтні значення узагальнених коефіцієнтів переходу В(\*) "ґрунт - продукти харчування рослинного походження". Застосовуються для аналізу доз потенційного опромінення населення, що перебуває в зоні впливу приповерхневих сховищ РАВ.

Елемент	В vs	Елемент	В vs	Елемент	В vs
Ac	0,001	Gd	0,002	Pr	0,002
Ag	0,004	Ge	0,4	Pt	0,1
Al	0,004	Ha	0,002	Pu	0,001
Am	0,001	Hf	0,003	Ra	0,04
As	0,08	Hg	0,3	Rb	0,2
At	0,2	Ho	0,002	Re	0,2
Au	0,1	I	0,02	Rf	0,003
B	0,01	In	0,003	Rh	0,03
Ba	0,01	Ir	0,03	Ru	0,03
Be	0,004	K	0,3	S	0,6
Bi	0,1	La	0,002	Sb	0,01
Bk	0,001	Li	0,001	Sc	0,002
Br	0,4	Lr	0,002	Se	0,1
Ca	0,5	Lu	0,002	Si	0,02
Cd	0,5	Md	0,002	Sm	0,002
Ce	0,002	Mg	0,03	Sn	0,3
Cf	0,001	Mn	0,3	Sr	0,3
Cl	20	Mo	0,1	Ta	0,002
Cm	0,001	N	7,5	Tb	0,002
Co	0,08	Na	0,05	Tc	5
Cr	0,01	Nb	0,01	Te	0,1
Cs	0,2	Nd	0,002	Th	0,001
Cu	0,05	Ni	0,05	Ti	0,001
Dy	0,002	No	0,002	Tl	0,2
Er	0,002	Np	0,02	Tm	0,002

Es	0,001	O	0,6	U	0,002
Eu	0,002	Os	0,03	V	0,002
F	0,02	P	1	W	0,8
Fe	0,001	Pa	0,01	Y	0,002
Fm	0,002	Pb	0,004	Yb	0,002
Fr	0,03	Pd	0,1	Zn	0,4
Ga	0,003	Pm	0,002	Zr	0,001
		Po	0,001		

Бк. кг<sup>-1</sup> свіжих продуктів (овочі, фрукти, зернові) на Бк\*кг<sup>-1</sup> сухого ґрунту.

Додатково до трьох викладених вище варіантів сценарію інгаляції в деяких випадках необхідно розглядати інгаляційне надходження радіоактивних пари та газів, що виділяються з тіла сховища, якщо внаслідок властивостей РАВ можливо їхнє утворення.

Всі сценарії накладають обмеження як на сумарну активність окремих радіонуклідів у захороненні, так і на локальну питому активність їх у складі РАВ.

#### Д.4.12 Сценарій 4. Зовнішнє опромінення.

Зовнішнє опромінення населення може мати місце як в випадку збереження цілісності сховища, так і при його руйнуванні. Опроміненню може підлягати:

- населення, яке безпосередньо проживає в межах території колишнього сховища;
- населення віддалених територій (якщо ґрунт з території сховища був переміщений у результаті ґрунтових робіт);
- населення, що періодично присутнє на території колишнього сховища (наприклад, якщо територія увійшла до складу зони рекреації).

Сценарій обмежує як сумарну активність окремих радіонуклідів у сховищі, так і їхню локальну питому активність у складі РАВ (при розгляді контактного бета-опромінення шкіряних покривів).

Референтні параметри сценарію 4:

\* Матеріали, що містяться у сховищі, утворюють верхній шар ґрунту завтовшки 0.15 м.

\* Час опромінення протягом року - 2000 годин.

#### Д.4.13 Сценарій 5. Проковтування дрібних фрагментів речовини РАВ.

Розглядається випадкове проковтування часток радіоактивних матеріалів або забрудненого радіонуклідами ґрунту, наприклад, з забруднених рук при виконанні будівельних, ґрунтових та сільськогосподарських робіт. Для дітей може бути характерне випадкове проковтування часток ґрунту та дрібних фрагментів з тіла сховища. Сценарій обмежує як сумарну активність окремих радіонуклідів у сховищі,

так і їхню локальну питому активність у складі РАВ (при розгляді випадкового ковтання дрібних фрагментів з тіла сховища).

Як референтні параметри цього сценарію розглядається річне надходження радіоактивних матеріалів:  $0.05 \text{ кг} \cdot \text{рік}^{-1}$  ( $0.14 \text{ г} \cdot \text{день}^{-1}$ ).

Д.4.14 При розрахунку доз потенційного опромінення максимальна консервативність одержуваних оцінок досягається за рахунок виконання ряду умов:

- повинні враховуватися всі без винятку і-ті радіонукліди, присутні в РАВ;
- для кожного і-того радіонукліду, що є родоначальником ланцюга радіоактивного розпаду, у розрахунок повинні залучатися всі його j-ті дочірні продукти розпаду, а також всі можливі k-ті референтні хімічні форми як для материнських, так і для дочірніх радіонуклідів;
- дози повинні розраховуватися для кожного s-того референтного сценарію.

Д.4.15 Ефективна річна доза опромінення, отримана на час  $t$  після захоронення РАВ деяким індивідумом віку  $t$  (враховуються всі вікові групи населення, в тому числі діти, які опромінюються внутрішньоутробно, та новонароджені, до яких радіонуклід може надходити з молоком матері), від j-того дочірнього продукту розпаду і-того радіонукліда окремо для кожної хімічної форми та р-того шляху опромінення, буде позначатися індексованим символом  $F_{i,j,k,d}$ , де  $d$  означає референтне значення АМАД аерозолів, що вдихаються (тільки для інгаляційного шляху надходження).

Д.4.16 Дотримання вимоги консервативності оцінок річної ефективної дози забезпечується тим, що обирається максимальне значення з того ряду результатів, який отриманий для різних груп населення. Оператор "MAX" визначає процедуру вибору максимуму серед всіх розглядуваних s-тих сценаріїв, вікових груп  $t$  і часів  $t$ , для яких досягається максимум. Формально це записується у вигляді формули (Д.4.1), в якій складання проводиться в будь-якій точці:

$$F_{\text{max}} = \text{MAX}_{t, t_{ay}, s} \left( \sum_{p, i, j, k, d} S_{p, i, j, k, d} F_{i, s, p, k, d}^j(t, t_{ay}) \right), \quad (\text{Д.4.1})$$

де:  $i$  - індекс радіонукліда, наявного в складі РАВ у початковий момент часу;

$j$  - індекс дочірніх продуктів розпаду і-того радіонукліда;

$p$  - індекс шляху формування доз опромінення у випадку реалізації даного сценарію  $s$ ;

$s$  - індекс референтного сценарію;

$k$  - індекс референтного типу хімічної сполуки;

$d$  - індекс референтного значення АМАД;

$t$  - час з моменту захоронення РАВ (розглядається інтервал часу, що починається з моменту надання звільнення);

$t$  - вік групи населення, що розглядається;

$f$  - ефективна річна доза;

$\Sigma$  - знак суми.

Д.4.17 Річна еквівалентна доза в кришталіку ока або шкіряних покриттях розраховується так:

$$H_{\text{lens l skin}} = \text{MAX}_{t, \text{ray}, s} \left( \sum_{i,j} S_{i,j} H_{\text{lens l skin}, i, s}(t, \text{ray}) \right), \quad (\text{Д.4.2})$$

S - знак суми

де - річна еквівалентна доза в кришталіку ока або шкіряних покриттях, що формується при реалізації s-того сценарію.

Д.4.18 Для оцінки річних еквівалентних доз в органах та тканинах використовується формула:

$$H_T = \text{MAX}_{t, \text{ray}, s} \left( \sum_{p} S_{p,i,j,k,d} \text{MAX}_{i} H_{T,i,s,p,k,d}(t, \text{ray}) \right), \quad (\text{Д.4.3})$$

p = inhal

S - знак суми

де -  $H_{T,i,s,p,k,d}(t, \text{ray})$  річна еквівалентна доза в органі або тканині T, що формується при реалізації s-того сценарію.

Д.4.19 У розрахунках доз потенційного опромінення використовується така саме система референтних параметрів, як і в [Додатку 2](#) НРБУ-97. Необхідні додаткові референтні параметри вказані окремо в описі сценаріїв.

## Додаток 5

### **Схема попередньої оцінки припустимості приповерхневого захоронення РАВ**

Д.5.1 При вирішенні питання щодо припустимості (неприпустимості) захоронення твердих РАВ у сховище поверхневого типу склад проекту подібного об'єкту повинен відповідати всім вимогам даного документа, включаючи повний опис тих розрахункових процедур, що обґрунтовують запропоновані технічні рішення.

Д.5.2 В порядку попередньої кількісної оцінки припустимості приповерхневого захоронення РАВ може виявитися корисним застосування спрощених розрахунків, які в цілому відповідають положенням даного документа, але приводять до істотно більш консервативних оцінок. Інакше кажучи, якщо результати, отримані по схемі викладеного нижче попереднього аналізу, свідчать про припустимість захоронення у приповерхневих сховищах цих РАВ, тоді і результати обов'язкових детальних розрахунків по формулам (Д. 4.1) - (Д. 4.3) скоріше за все підтвердять цей висновок. В той же час, якщо по схемі попередньої оцінки отримано негативного висновку, то це зовсім не означає, що до такого ж негативного результату приведуть і розрахунки по обов'язковій повній схемі.

Д.5.3 В основу розрахункової схеми попередньої оцінки покладені наступні умови.

\* Для кожного з радіонуклідів, що входять до складу РАВ, розглядається лише такий рівень питомої активності, який відповідає її максимальному значенню дози на всьому часовому інтервалі.

\* Якщо радіонуклід не створює ланцюжка радіоактивного розпаду, то максимальне значення дози від нього співпадає з моментом: "300 років після захоронення". У разі радіоактивних ланцюжків розраховується максимум дози від суми всіх членів, що

входять в склад ланцюжка, на інтервалі часу 300-10<sup>7</sup> років, і значення цього максимуму приписується материнському радіонуклід.

\* Максимуму (максимальному значенню) дози від кожного і-того радіонукліду відповідає деяке значення його допустимої активності у сховищі (P<sub>Ai</sub>), а також допустимої його активності у будь-якому малому фрагменті масою 10 міліграмм (P<sub>i</sub> альфа).

Значення коефіцієнтів (P<sub>Ai</sub>) та (P<sub>i</sub> альфа) розраховані таким чином, щоб гарантувати неперевищення 1 мЗв\*рік (рівня В), якщо РАВ містить тільки один і-тий радіонуклід. Очевидно, що для таких "монорадіонуклідних" РАВ умовою припустимості захоронення їх у приповерхнєве сховище є одночасне виконання двох простих нерівностей:  $A_i / P_{Ai} \leq 1$  та  $\alpha_i / P_{\alpha i} \leq 1$ , де A<sub>i</sub> та альфа<sub>i</sub> - відповідно активність РАВ у сховищі та активність у малому фрагменті РАВ масою 10 мг.

Д.5.4 Для РАВ, які містять суміш і-тих радіонуклідів, виконання умов п. Д.5.3 трансформується таким чином, що одночасно повинні виконуватися нерівності, у лівій частині яких стоять суми парціальних внесків кожного і-того радіонукліда в дозу потенційного опромінення, яка в кінцевому результаті не повинна перевищувати рівня Б (1 мЗв\*рік<sup>-1</sup>):

$$\begin{aligned} & \left| \begin{array}{l} A \\ i \\ S \end{array} \right| \frac{A_i}{P_{Ai}} \leq 1 \quad (a), \\ & \left| \begin{array}{l} \alpha \\ i \\ S \end{array} \right| \frac{\alpha_i}{P_{\alpha i}} < 1 \quad (б), \end{aligned} \quad (Д.5.1)$$

де: A<sub>i</sub> - сумарна активність і-того радіонукліду в сховищі;

P<sub>Ai</sub> - розрахункова допустима активність окремого і-того радіонукліду;

альфа<sub>i</sub> - активність і-того радіонукліду, що міститься в будь-якому малому фрагменті РАВ масою 10 мг;

P<sub>αi</sub> - розрахункова допустима активність і-того радіонукліду в довільному об'ємі РАВ масою 10 мг;

S - знак суми.

Д.5.5 Справедливість нерівності (Д.5.1)(а) забезпечує достатнє обмеження потенційного опромінення за рахунок процесів, до яких втягується вся маса РАВ (або її значна частка). При цьому вважається, що в цьому разі неоднорідності концентрації радіонуклідів в складі РАВ не виявляють істотного впливу на рівень опромінення (наприклад, сценарій забруднення питної води).

Виконання (Д.5.1)(б) забезпечує достатнє обмеження потенційного опромінення в сценаріях, при яких критичним є високий вміст радіонуклідів у малих кількостях РАВ, і

є необхідність обмежувати дози, пов'язані з випадковим ковтанням дрібних фрагментів матеріалів з колишнього захоронення, або обмежувати дози, що зумовлені інгаляцією радіоактивних часток. Розраховані заздалегідь величини  $PA_i$  та  $P$  альфа, необхідні для використання в схемі попередньої оцінки наведені в Таблиці Д.5.1.

Таблиця Д.5.1 - Значення коефіцієнтів  $PA_i$  та  $P$  альфа для найбільш важливих довгоіснуючих радіонуклідів  $i$  відповідні їм значення питомих активностей

Радіонуклід $i$	$PA_i$	$P$ альфа $i$	Питома активність	
			Середня по сховищу (*)	Середня по фрагменту 10 мг
			$-1$	$-1$
	Бк		Бк*кг	Бк*кг
Sr-90	9E+14	2E+03	9E+06	2E+05
Zr-93	1E+15	1E+02	1E+07	1E+04
Nb-94	3E+11	2E+01	3E+03	2E+03
Tc-99	1E+12	4E+01	1E+04	4E+03
I-129	5E+12	8E-01	5E+04	8E+01
Cs-135	3E+13	8E+01	3E+05	8E+03
Cs-137	9E+14	2E+04	9E+06	2E+06
U-235	9E+10	3E-02	9E+02	3E+00
U-236	7E+12	1E+00	7E+04	1E+02
U-238	1E+11	1E-02	1E+03	1E+00
NP-237	3E+11	8E-02	3E+03	8E+00
Pu-238	1E+13	5E+00	1E+05	5E+02
Pu-239	9E+11	4E-01	9E+03	4E+01
Pu-240	9E+11	5E-01	9E+03	5E+01
Pu-241	5E+13	2E+01	5E+05	2E+03
Pu-242	9E+11	5E-01	9E+03	5E+01
Am-241	2E+12	8E-01	2E+04	8E+01
Am-243	1E+12	5E-01	1E+04	5E+01

розраховано для "референтного" приповерхневого сховища сумарним об'ємом 100 тисяч куб.м, з коефіцієнтом використання об'єму - 50% та середньою питомою вагою РАО - 2 т\*м<sup>-3</sup>.