

Національна академія медичних наук України
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР РАДІАЦІЙНОЇ МЕДИЦИНИ»

РАДІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАСЕЛЕННЯ У
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ОПРОМІНЕННЯ
(методичні вказівки)

Київ 2018

Укладачі:

В.Б. Берковський, канд.біол.наук, Ю.В. Бончук, Г.Г. Ратія

Рецензент:

Т.О. Павленко, д-р біол. наук, проф., ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»

Рішення експертної проблемної комісії «Радіаційна медицина»
МОЗ та НАМН України. Протокол №4, 1 жовтня 2018 року

Голова експертної проблемної комісії «Радіаційна медицина»
Академік НАМН України, д-р мед. наук, професор Д.А. Базика

ЗМІСТ

1 Сфера застосування.....	4
2 Нормативні посилання.....	4
3 Терміни та визначення понять.....	5
4 Позначки та скорочення.....	15
5 Загальні положення.....	16
6 Моніторинг доз та прийняття рішень.....	18
7 Документування та надання інформації про результати моніторингу доз.....	22
8 Моніторинг опромінення населення у надзвичайних ситуаціях.....	22
9 Порядок обліку і зберігання даних МОН НС.....	24
Додаток А Рівні вмісту ¹³¹ I у щитоподібній залозі у залежності від часу після надходження.....	25
Додаток Б Інтерпретація первинних даних МВН НС.....	26

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче надано терміни, що використовуються у цьому документі, та визначення позначених ними понять:

3.1 Терміни в сфері готовності та реагування на надзвичайні ситуації з джерелами іонізуючого випромінювання

3.1.1 відповідальні сторони (responsible parties)

Ліцензіати, а також інші організації або державні органи, які відповідальні за радіологічний захист надзвичайного персоналу або захист осіб, що можуть зазнати чи зазнали випадкове опромінення.

3.1.2 дозиметрична служба (dosimetry service)

Юридична або фізична особа, яка уповноважена здійснювати калібрування, зчитування, інтерпретацію показань пристроїв радіологічного контролю, вимірювання вмісту радіонуклідів в тілі людини, у біологічних зразках, та оцінювати дози опромінення людини. Право дозиметричної служби на здійснення таких дій надається компетентним органом в сфері охорони здоров'я (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.3 іонізуюче випромінювання (ionising radiation)

Енергія, що переноситься у формі частинок або електромагнітних хвиль з довжиною хвилі 100 нанометрів або менше (частота 3×10^{15} Герц та вище), та яка здатна безпосередньо чи опосередковано утворювати іони (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.3.1 альфа-випромінювання

Корпускулярне іонізуюче випромінювання, яке складається з альфа-частинок (ядер гелію), що випромінюються при радіоактивному розпаді чи при ядерних реакціях, перетвореннях (НРБУ-97)

3.1.3.2 бета-випромінювання

Корпускулярне електронне або позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при перетвореннях ядер чи нестабільних частинок (наприклад, нейтронів). Характеризується граничною енергією спектру E_{β} , чи середньою енергією спектру (НРБУ-97)

3.1.3.3 гамма-випромінювання

Короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі $< 0,1$ нм, що виникає при розпаді радіоактивних ядер, переході ядер із збудженого стану в основний, при взаємодії швидких заряджених частинок з речовиною, анігіляції електронно-позитронних пар, тощо (НРБУ-97)

3.1.4 компетентний орган (competent authority)

Орган або система органів, що мають правові повноваження у сфері захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання.

3.1.5 радіаційне джерело (radiation source)

Об'єкт, який може завдати опромінення людини шляхом зовнішнього опромінення та/або внутрішнього опромінення внаслідок вивільнення радіоактивного матеріалу та його надходження до тіла людини. До радіаційних джерел належать природні та штучні радіоактивні матеріали чи відходи, ядерні реактори, медичні, промислові, наукові пристрої що містять радіонуклідні та нерадіонуклідні джерела іонізуючого опромінення, тощо (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.6 надзвичайна ситуація (НС) (emergency)

Виняткова ситуація або подія з джерелом, яка вимагає вжиття негайних заходів, спрямованих на зменшення:

- негативних наслідків для здоров'я та безпеки людини, якості життя, майна чи навколишнього середовища; або
- небезпеки, яка може призвести до вказаних вище негативних наслідків.

Надзвичайна ситуація може бути викликана аварією, стихійним лихом, ненавмисними або навмисними діями людини, у тому числі актами тероризму, іншими обставинами.

3.1.7 план реагування на надзвичайні ситуації (emergency response plan)

План дій у випадку надзвичайної ситуації (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.8 опромінення (exposure)

Процес, або умови опромінення іонізуючим випромінюванням з джерел, що знаходяться за межами тіла людини (**зовнішнє опромінення**) або всередині тіла (**внутрішнє опромінення**) (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.8.1 зовнішнє опромінення

Опромінення тіла людини джерелами іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза тілом (НРБУ-97)

3.1.8.2 внутрішнє опромінення

Опромінювання тіла людини (його окремих органів та тканин) від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться в самому тілі (НРБУ-97)

3.1.8.3 нормальне опромінення (normal exposure)

Опромінення що може виникати у нормальних умовах експлуатації установки або діяльності (включаючи технічне обслуговування і ремонт, інспекцію, виведення з експлуатації), у тому числі під час незначних інцидентів, які можна тримати під контролем, тобто в ході нормальної експлуатації та очікуваних експлуатаційних порушень (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.8.4 потенційне опромінення (potential exposure)

Опромінення в майбутньому, якого не можна очікувати з впевненістю, але яке може мати місце в результаті події або низки подій імовірного характеру,

включаючи відмови обладнання і помилки під час його експлуатації (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.9 система управління надзвичайною ситуацією (emergency management system)

Правова та/або адміністративна система, яка встановлює розподіл обов'язків щодо готовності та реагування на надзвичайні ситуації, а також заходи для прийняття рішень в умовах надзвичайної ситуації (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.10 ситуація опромінення (exposure situations)

Одна з трьох ситуацій опромінення:

3.1.10.1 планова ситуація опромінення (planned exposure situation)

Ситуація опромінення, яка виникає в результаті практичної діяльності, а саме – планованої експлуатації джерела випромінювання або в результаті діяльності людини, яка змінює шляхи опромінення таким чином, що виникає нормальне опромінення або потенційне опромінення людей або навколишнього середовища. Планові ситуації опромінення можуть включати як нормальне опромінення, так і потенційне опромінення (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.10.2 надзвичайна ситуація опромінення (emergency exposure situation)

Ситуація опромінення внаслідок надзвичайної ситуації (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.10.3 існуюча ситуація опромінення (existing exposure situation)

Ситуація опромінення, у якій опромінення вже існує у той момент, коли необхідно приймати рішення про введення його контролю, і яка не вимагає або вже не вимагає вжиття термінових заходів (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.11 практична діяльність (practice)

Діяльність людини, яка може посилити опромінення осіб джерелом, та яка управляється як планова ситуація опромінення (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.12 референтний рівень (reference level)

У надзвичайних ситуаціях опромінення або у існуючих ситуаціях опромінення – рівень ефективної дози або еквівалентної дози або концентрації активності, вище якого дозволити опромінення вважать недоцільним, при тому, що це не є лімітом або допустимим рівнем, перевищення якого не допускається (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.1.13 шкода здоров'ю (health detriment)

Скорочення тривалості та якості життя, яке виникає після опромінення, у тому числі таке, що виникає в результаті тканинних реакцій, раку та тяжких генетичних порушень (Директива Ради 2013/59/Євратом).

3.2 Терміни в сфері характеристики впливу на людину

3.2.1 активність

Активність певної кількості радіонукліду, який перебуває в певному енергетичному стані у даний момент часу. Це частка від ділення dN на dt , де dN – очікуване значення кількості ядерних переходів з даного енергетичного стану протягом інтервалу часу dt :

$$A = \frac{dN}{dt}.$$

Одиницею вимірювання активності є с^{-1} , її спеціальна назва – бекерель (Бк).

3.2.2 питома активність

Активність, що припадає на одиницю маси (масова питома активність, A_m), об'єму (об'ємна питома активність, A_V) або поверхні (поверхнева питома активність, A_S):

$$A_m = \frac{A}{m},$$

$$A_V = \frac{A}{V},$$

$$A_S = \frac{A}{S},$$

де A – активність, m – маса, V – об'єм, S – поверхня.

Одиницями вимірювання питомої активності A_m є $\text{с}^{-1} \text{кг}^{-1}$ (Бк·кг⁻¹), питомої активності A_V є $\text{с}^{-1} \text{м}^{-3}$ (Бк·м⁻³), питомої активності A_S є $\text{с}^{-1} \text{м}^{-2}$ (Бк·м⁻²).

3.2.3 аеродинамічний діаметр

Діаметр сферичної частинки одиничної щільності ($1 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$), яка має таку ж усталену швидкість гравітаційного осідання, як і аерозольна частинка, що розглядається

3.2.4 медіанний за активністю аеродинамічний діаметр (AMAD)

Характеристика статистичного розподілу активності полідисперсного аерозолю за аеродинамічним діаметром. Половина активності аерозолю, що розглядається, асоційована з частинками, які мають аеродинамічний діаметр більший, ніж AMAD. Використовується, коли домінуючими механізмами, що визначають відкладення в органах дихання, є інерційне та гравітаційне осадження, як правило, при AMAD, більших 0,5 мкм. При відсутності фактичних даних припускається логнормальний розподіл частинок

3.2.5 біофізичні вимірювання

Визначення кількості чи концентрації радіоактивних речовин в організмі (органах) людини чи біопробах (сеча, кал, мазки тощо) (ОСПУ)

3.2.6 непрямі біофізичні вимірювання (вимірювання *in vitro*)

Вимірювання вмісту радіонуклідів у продуктах екскреції чи інших біопробах (ОСПУ)

3.2.7 прямі біофізичні вимірювання (вимірювання *in vivo*)

Визначення вмісту радіонуклідів у організмі людини з використанням систем детектування (ОСПУ)

3.2.8 біофізичний контроль

Комплекс заходів з оцінки вмісту радіоактивних речовин у тілі або органах людини, а також біопробах (сеча, кал, мазки тощо), спрямований на ідентифікацію фактів інкорпорації радіоактивних речовин, розрахунок фактичних індивідуальних доз внутрішнього опромінення людини

3.2.9 біофізичне обстеження

Комплекс біофізичних вимірювань вмісту радіонуклідів у біопробах/тілі людини

3.2.10 доза

Узагальнена назва ефективної, еквівалентної, або поглиненої дози (НРБУ-97)

3.2.10.1 доза в органі T (D_T)

Середня в органі чи тканині поглинена доза, яка розраховується за формулою:

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int D dm,$$

де D – доза, що поглинена в елементі маси dm органу чи тканини T ;

m_T – маса органу чи тканини (НРБУ-97)

Одиницею вимірювання дози в органі є Дж кг⁻¹, її спеціальна назва – грей, (Гр).

3.2.10.2 поглинена доза (D)

Відношення середньої енергії $d\varepsilon$, що передана іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси dm речовини в цьому об'ємі:

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm}.$$

Одиницею вимірювання поглиненої дози є Дж кг⁻¹, її спеціальна назва – грей, (Гр).

3.2.10.3 еквівалентна доза в органі T (H_T)

Величина, яка визначається як добуток поглиненої дози D_T в окремому органі або тканині T на радіаційний зважуючий фактор w_R :

$$H_T = D_T \cdot w_R.$$

Одиницею вимірювання еквівалентної дози в органі або тканині є Дж кг⁻¹, її спеціальна назва – зіверт (Зв).

3.2.10.4 ефективна доза (E)

Сума добутоків еквівалентних доз H_T в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважуючі фактори w_T :

$$E = \sum H_T \cdot w_T.$$

Використання поняття ефективної дози допускається при значеннях еквівалентних доз нижчих за поріг виникнення детерміністичних ефектів (НРБУ-97).

Одиницею вимірювання ефективної дози є Дж кг⁻¹, її спеціальна назва – зіверт (Зв).

3.2.10.5 річна ефективна доза

Сума ефективної дози зовнішнього опромінення на протязі року та очікуваної ефективної дози внутрішнього опромінення, що сформована надходженням радіонуклідів на протязі одного року. Період, за який розраховується очікувана доза внутрішнього опромінення, складає:

- для референтного віку “Дорослий” – 50 років;
- для інших референтних віків – інтервал часу між моментом надходження (як правило, використовується значення референтного віку за НРБУ-97) та віком 70 років.

3.2.11 допустимий рівень

Похідний норматив для надходження радіонуклідів в організм людини протягом календарного року, для середньорічних потужності еквівалентної дози, концентрації радіонуклідів в повітрі, питній воді та раціоні і т.п., розрахований для референтних умов опромінення із значень лімітів доз (НРБУ-97)

3.2.12 мінімально-детектований рівень

Найменша кількість (активності, питомої активності, маси) радіонукліда в пробі, що буде визначатись із заданою ймовірністю не виявлення β (помилка II типу), при цьому прийняття помилкового рішення про те, що позитивна (ненульова) кількість радіонукліда присутня в адекватній чистій пробі (помилка I типу), має задану ймовірність α . Якщо не обумовлено інше, для мети МОН НС використовуються значення ймовірностей помилок I (α) і II (β) типів – 0,05

3.2.13 моніторинг

3.2.13.1 моніторинг опромінення у надзвичайних ситуаціях (monitoring of exposure in emergency situations)

Вимірювання значень радіологічних параметрів, що характеризують опромінення в умовах надзвичайної ситуації, з метою оцінки доз зовнішнього та внутрішнього опромінення всього тіла та окремих органів/тканин тіла, контролю впливу такого опромінення та/або пом'якшення його наслідків медичними заходами. До радіологічних параметрів, які вимірюються, відносяться доза та потужність дози зовнішнього опромінення, вміст радіонуклідів у тілі людини, біологічних пробах та навколишньому середовищі, а також характеристики радіоактивних матеріалів, що надійшли до тіла людини.

3.2.13.2 моніторинг внутрішнього опромінення у надзвичайних ситуаціях (monitoring of internal exposure in emergency situations)

МОН НС, що спрямований на оцінку доз внутрішнього опромінення

3.2.13.3 моніторинг зовнішнього опромінення в надзвичайних ситуаціях (monitoring of external exposure in emergency situations)

МОН НС, що спрямований на оцінку доз зовнішнього опромінення

3.2.13.4 моніторинг повітряного середовища

Визначення радіологічних і фізико-хімічних характеристик аерозольного забруднення повітряного середовища, що виконується шляхом відбору проб повітря і їх подальшого аналізу. Аналіз може здійснюватися у режимі реального часу або в режимі відкладеного (лабораторного) аналізу

3.2.14 забезпечення якості

Всі плановані і систематично здійснювані дії, що забезпечують повну відповідність системи МОН НС вимогам санітарного законодавства

3.2.15 визначення (радіонукліда в пробі (тілі))

Комплекс радіохімічних і фізичних методів, направлений на встановлення вмісту радіонукліда в пробі (тілі)

3.2.16 надходження (до організму)

Проникнення радіоактивних речовин до організму людини через дихальну систему, систему травлення або шкіру (НРБУ-97)

3.2.16.1 надходження інгаляційне

Проникнення радіоактивних речовин в організм людини через органи дихання (НРБУ-97)

3.2.16.2 надходження пероральне

Проникнення радіоактивних речовин в організм людини через ротову порожнину (НРБУ-97)

3.2.16.3 підтвержене надходження

Надходження радіонуклідів в тіло людини, підтвержене або подальшими біофізичними вимірюваннями, або розслідуванням, або асоційоване з відомим інцидентом (наприклад, з відмовою ЗІЗОД) при виконанні робіт

3.2.17 тип матеріалу (тип системного надходження)

В рамках цього документа – один з стандартних типів поведінки речовин, класифікованих у відповідності до їх швидкості проникнення з дихальної системи в рідини тіла:

тип V – речовини, що відклалися в дихальній системі, практично миттєво переходять в рідини тіла;

тип F – речовини, що відклалися, швидко переходять в рідини тіла;

тип M – речовини, що відклалися, мають проміжну швидкість переходу в рідини тіла;

тип S – речовини, що відклалися, погано розчинні і повільно переходять в рідини тіла

3.2.18 рівень медичного втручання

Значення дози, асоційованої з надходженням радіонуклідів, при перевищенні якої медичне втручання з використанням декорпорантів є виправданим

3.2.19 фізико-хімічні характеристики аерозольного забруднення повітря

Розподіл активності аерозольних часточок за розмірами, тип матеріалу (тип системного надходження) аерозолів і інші характеристики, що впливають на формування дози

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У документі прийняті такі позначки та скорочення:

4.1 AMAD медіанний за активністю аеродинамічний діаметр

4.2 DL ліміт дози (ефективної або еквівалентної)

4.3 DL_E ліміт ефективної дози ($1 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$)

- 4.4 DL_{lens}** ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кришталика ока ($15 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$)
- 4.5 DL_{skin}** ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення шкіри ($50 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$)
- 4.6 ЛВЛ** лічильник випромінювань людини
- 4.7 МДР** мінімально-детектований рівень
- 4.8 МКРЗ** Міжнародна комісія з радіологічного захисту
- 4.9 МВН НС** моніторинг внутрішнього опромінення у надзвичайних ситуаціях
- 4.10 МОН НС** моніторинг опромінення в надзвичайних ситуаціях
- 4.11 МПС** моніторинг повітряного середовища
- 4.12 НРБУ-97** Норми радіаційної безпеки України; 1997 р.
- 4.13 ОСПУ** Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України
- 4.14 РМВ** рівень медичного втручання

5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Цей документ регламентує проведення моніторингу доз опромінення населення у надзвичайних ситуаціях опромінення.

5.2 Індивідуальний моніторинг населення, що проводиться у надзвичайних ситуаціях опромінення, має такі цілі:

- виявлення та дезактивація осіб, що мають зовнішнє забруднення одягу і/або тіла;
- вибір та/або визначення пріоритетності осіб для подальших дій (скринінг) щодо них;
- оцінка доз, яка супроводжується, де це необхідно, оцінкою радіологічних ризиків, медичною оцінкою та лікуванням;

- отримання інформації для зменшення невизначеностей прогностичних оцінок доз населення;
- отримання інформації для обґрунтування виправданості та оптимальності захисних і відновлювальних заходів та прийняття рішень щодо їх застосування;
- оцінка ефективності захисних заходів;
- надання зацікавленим особам інформації щодо рівнів внутрішньої контамінації, а також доз зовнішнього та внутрішнього опромінення;
- збір інформації для планування та проведення індивідуального медичного моніторингу стану здоров'я опромінених осіб.

5.3 У порядку пріоритету задачу індивідуального моніторингу полягають у:

- виявленні осіб, які мають зовнішнє забруднення на рівні, який може призвести до значного впливу на здоров'я, і тому потребують термінової дезактивації та подальшої медичної оцінки;
- виявленні осіб, які мають зовнішнє забруднення на більш низькому рівні, ніж зазначено у попередньому пункті, але для яких все ще виправдана дезактивація;
- виявленні осіб, які мають внутрішню контамінацію на такому рівні, який може призвести до значного впливу на здоров'я та потребує медичної оцінки;
- встановленні поглинених доз в органах/тканинах для осіб, які відповідають критерію, зазначеному у попередньому пункті;
- встановленні пріоритету для осіб для подальших вимірювань або оцінок внутрішньої контамінації;
- наданні інформації про оцінки індивідуальних доз опромінення особам, які приймають рішення про імплементацію або коригування контрзаходів;
- наданні інформації зацікавленим особам ризику для здоров'я, пов'язані з опроміненням.

5.4 Слід вживати заходів, щоб, коли це можливо, дози опромінення у надзвичайних ситуаціях опромінення залишались нижчими за ліміти доз,

встановлені НРБУ-97, Міжнародними основними нормами безпеки та Директивою Ради 2013/59/Євратом для планових ситуацій опромінення, а саме:

- річна ефективна доза не повинна перевищувати значення 1 мЗв;
- еквівалентна доза кристалика ока не повинна перевищувати значення 15 мЗв за рік;
- еквівалентна доза шкіри не повинна перевищувати значення 50 мЗв за рік.

6 МОНІТОРИНГ ДОЗ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

6.1 Для прийняття рішень щодо медичного втручання з використанням декорпорантів встановлюються рівні медичного втручання, при перевищенні яких таке втручання є виправданим.

6.2 У якості рівнів медичного втручання встановлюються такі значення сумарних доз опромінення за рахунок усіх радіонуклідів (за винятком радіонуклідів йоду):

- а) для дорослих:
 - 250 мЗв – ефективна доза за 50 років (для обмеження стохастичних ефектів);
 - 250 мГр – ВБЕ-зважена поглинена доза кісткового мозку за 30 д (для запобігання детерміністичних ефектів);
 - 1 Гр – ВБЕ-зважена поглинена доза легенів за 30 д (для запобігання детерміністичних ефектів);
- б) для осіб усіх референтних віків до 18 років та вагітних жінок – 20% від відповідних значень для дорослих.

6.3 Встановлюються такі значення РМВ для прогнозованих доз щитоподібної залози за рахунок надходження ^{131}I , при досягненні або перевищенні яких призначається йодид калію:

- дорослі 40 років і старші – 5 Гр;
- дорослі від 18 до 40 років – 100 мГр;

– особи до 18 років, вагітні та жінки, що годують грудним молоком, – 50 мГр.

6.4 Значення рівнів надходження для референтного віку «Дорослий», розраховані на основі значень РМВ, наведені у таблиці 1. У тому випадку, коли характеристики надходження і типу матеріалу радіонукліда невідомі, слід використовувати найменше значення із наведених у таблиці для відповідного радіонукліда.

Таблиця 1 – Значення рівнів надходження для референтного віку «Дорослий», розраховані на основі значень РМВ

Радіонуклід	Шлях надходження	Тип матеріалу	Надходження, кБк
^{60}Co	Інгаляційний	М	35 000
	Інгаляційний	S	15 000
^{90}Sr	Інгаляційний	F	8 300
	Пероральний	Розчинний	8 900
^{131}I	Інгаляційний	Пара	260
	Пероральний	Розчинний	260
^{137}Cs	Інгаляційний	F	58 000
	Пероральний	Розчинний	28 000
^{238}Pu	Інгаляційний	М	8,1
	Інгаляційний	S	23
^{239}Pu	Інгаляційний	М	7,6
	Інгаляційний	S	30
^{241}Am	Інгаляційний	М	9,3

6.5 Значення загальної активності у всьому тілі осіб референтного віку «Дорослий» через 24 години після інгаляційного надходження, розраховані на основі значень РМВ, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Загальна активність у всьому тілі осіб референтного віку «Дорослий» через 24 години після інгаляційного надходження, розрахована на основі значень РМВ

Радіонуклід і тип матеріалу	Активність, кБк
^{60}Co (M)	17 000
^{90}Sr (F)	4 100
^{131}I (V)	200
^{137}Cs (F)	34 000
$^{238,239}\text{Pu}$ (M)	4,1
^{241}Am (M)	4,8

6.6 Значення рівнів вмісту радіоактивного йоду у щитоподібній залозі через певні часові інтервали після надходження наведені у Додатку А.

6.7 Скринінг потенційно забруднених осіб із населення виконується у відповідності до блок-схеми на рисунку 1.

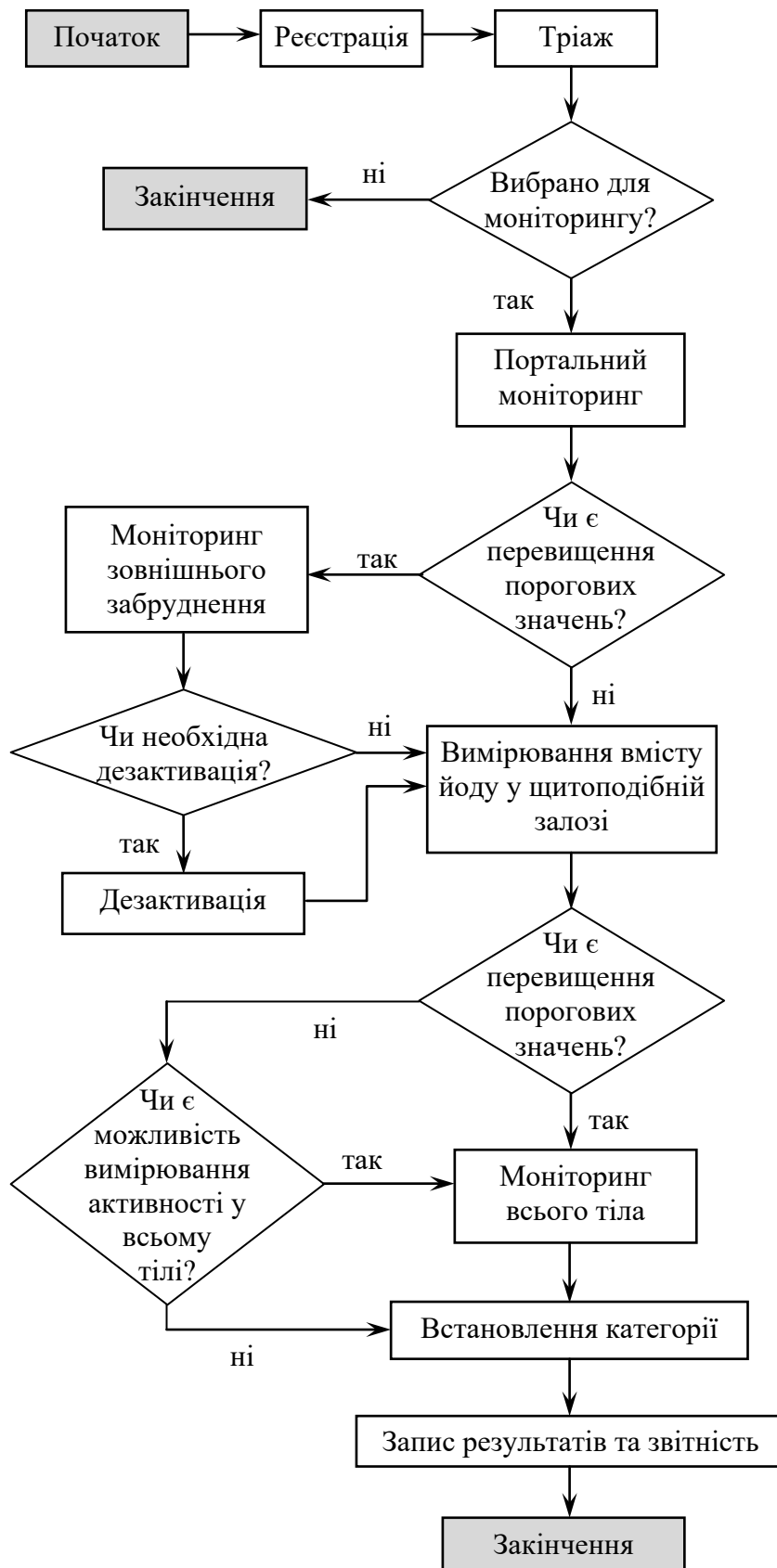


Рисунок 1 – Типовий план індивідуального моніторингу населення у разі надзвичайної ситуації на ядерному реакторі

7 ДОКУМЕНТУВАННЯ ТА НАДАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РЕЗУЛЬТАТИ МОНІТОРИНГУ ДОЗ

7.1 Відповідальні сторони забезпечують ведення документації з результатами індивідуального моніторингу осіб, для яких є така необхідність. Необхідно зберігати таку інформацію про опромінених осіб:

- документація щодо індивідуальних доз опромінення, вимірних або оцінених, залежно від обставин;
- звіти про обставини та вжиті захисні заходи, у тому числі застосування фармакологічних препаратів (препарати стабільного йоду, декорпорантів, тощо), зняття поверхневого радіонуклідного забруднення тіла, тощо.

7.1.1 Відомості про рівні опромінення осіб у надзвичайних ситуаціях опромінення повинні надходити у Державну систему даних індивідуального радіологічного моніторингу.

7.2 Відповідальні сторони забезпечують, щоб результати індивідуального моніторингу були:

- доступні компетентному органу, підприємству та роботодавцю особи;
- доступні особі, якої вони стосуються;
- надані службам охорони праці та здоров'я, щоб вони могли інтерпретувати ці результати з точки зору наслідків для здоров'я людини;
- внесені у Державну систему даних індивідуального радіологічного моніторингу.

8 МОНІТОРИНГ ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1 Проведення моніторингу регламентується програмою, яка повинна включати в себе:

- цілі та задачі програми моніторингу
- критерії вибору контингентів і процедуру проведення біофізичних вимірювань;

- обґрунтування типу необхідних вимірювань;
- обґрунтування частот моніторингу біофізичних вимірювань, включаючи оцінку величини ефективної дози внутрішнього опромінення (при однократному або хронічному надходженні), що не може бути виявлена при вибраній частоті вимірювань;
- перелік необхідних радіометричних і дозиметричних приладів, допоміжного лабораторного обладнання;
- мінімально-детектовані рівні для кожного засобу біофізичних вимірювань;
- процедури аналізу, що виконуються для випадків передбачуваних або підтверджених надходжень різного рівня;
- обґрунтування схеми оцінки дози у випадку непрацездатності методів біофізичних вимірювань;
- викладення вимог забезпечення якості МВН НС;
- перелік затверджених методичних і інструктивних документів, за допомогою яких виконується контроль;
- перелік встановлених форм звітності із зазначенням порядку і періодичності надання.

8.2 Біофізичний контроль при проведенні МВН НС включає в себе:

- проведення вимірювань на ЛВЛ;
- збір і аналіз біопроб (кал, сеча);
- збір і аналіз мазків, проб повітря;
- оцінку доз опромінення;
- облік і зберігання всіх даних МВН НС;
- ведення реєстраційних записів для кожної особи, залученої до МВН НС.

8.3 МВН НС здійснюється з використанням даних біофізичних вимірювань (прямих і/або непрямих), які є вхідною інформацією для розрахункових засобів ретроспективної дозиметрії. Розрахунок індивідуальних доз внутрішнього опромінення за даними моніторингу повітряного середовища допускається в тому випадку, якщо виконується хоча б одна з таких умов:

- біофізичні методи непрацездатні;

– біофізичні вимірювання не були виконані або вони неадекватні.

8.4 Процедура розрахунку (оцінки) доз внутрішнього опромінення при проведенні МВН НС складається з таких етапів:

- ідентифікація надходження, що припускається;
- збір додаткових даних і підтвердження надходження, що передбачається;
- розрахунок доз внутрішнього опромінення.

Програмне забезпечення, що застосовується для виконання розрахунків доз при проведенні МОН НС, повинно бути погоджене компетентним органом.

8.5 Засоби інтерпретації повинні використати всі доступні дані біофізичних вимірювань і враховувати часові тренди, утворені цими даними.

8.6 Дозиметричні служби, що включаються в плани реагування на НС, повинні мати відповідну атестацію або акредитацію (далі – авторизовані дозиметричні служби).

9 ПОРЯДОК ОБЛІКУ І ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ МОН НС

9.1 Обліку і зберіганню підлягають:

- всі результати вимірювань;
- значення доз опромінення, розрахованих в рамках МОН НС;
- дати передбачуваних надходжень, що використані в ході розрахунку доз внутрішнього опромінення;
- значення доз зовнішнього опромінення, розрахованих в рамках МОН НС;
- посилання на методики, у відповідності до яких були виконані вимірювання і визначені дози внутрішнього і зовнішнього опромінення.

Додаток А
(обов'язковий)

**Рівні вмісту ^{131}I у щитоподібній залозі у залежності від часу після
надходження**

А.1 Таблиця А.1 містить числові значення ефективної дози внутрішнього опромінення, що відповідає вмісту 1 Бк ^{131}I у щитоподібній залозі (референтний вік «Дорослий») у момент часу t з моменту однократного надходження. Ці значення є значеннями функції $\xi_r(t)$, що використовується і пояснюється у Додатку Б.

Таблиця А.1 – Числові значення функції $\xi_r(t)$ для вмісту ^{131}I у щитоподібній залозі, мЗв·Бк⁻¹

Час, t	$\xi_r(t)$, мЗв·Бк ⁻¹	Час, t	$\xi_r(t)$, мЗв·Бк ⁻¹	Час, t	$\xi_r(t)$, мЗв·Бк ⁻¹
3 год	$2,94 \cdot 10^{-4}$	6 д	$1,29 \cdot 10^{-4}$	22 д	$5,77 \cdot 10^{-4}$
6 год	$1,60 \cdot 10^{-4}$	7 д	$1,42 \cdot 10^{-4}$	24 д	$6,96 \cdot 10^{-4}$
9 год	$1,21 \cdot 10^{-4}$	8 д	$1,56 \cdot 10^{-4}$	26 д	$8,38 \cdot 10^{-4}$
12 год	$1,04 \cdot 10^{-4}$	9 д	$1,71 \cdot 10^{-4}$	28 д	$1,01 \cdot 10^{-3}$
15 год	$9,55 \cdot 10^{-5}$	10 д	$1,88 \cdot 10^{-4}$	30 д	$1,22 \cdot 10^{-3}$
18 год	$9,05 \cdot 10^{-5}$	11 д	$2,06 \cdot 10^{-4}$	35 д	$1,94 \cdot 10^{-3}$
21 год	$8,76 \cdot 10^{-5}$	12 д	$2,27 \cdot 10^{-4}$	40 д	$3,08 \cdot 10^{-3}$
1 д	$8,60 \cdot 10^{-5}$	13 д	$2,49 \cdot 10^{-4}$	45 д	$4,90 \cdot 10^{-3}$
1 д 6 год	$8,51 \cdot 10^{-5}$	14 д	$2,73 \cdot 10^{-4}$	50 д	$7,79 \cdot 10^{-3}$
1 д 12 год	$8,56 \cdot 10^{-5}$	15 д	$3,00 \cdot 10^{-4}$	55 д	$1,24 \cdot 10^{-2}$
2 д	$8,86 \cdot 10^{-5}$	16 д	$3,30 \cdot 10^{-4}$	60 д	$1,97 \cdot 10^{-2}$
2 д 12 год	$9,26 \cdot 10^{-5}$	17 д	$3,62 \cdot 10^{-4}$	65 д	$3,13 \cdot 10^{-2}$
3 д	$9,71 \cdot 10^{-5}$	18 д	$3,97 \cdot 10^{-4}$	70 д	$4,97 \cdot 10^{-2}$
3 д 12 год	$1,02 \cdot 10^{-4}$	19 д	$4,36 \cdot 10^{-4}$	75 д	$7,89 \cdot 10^{-2}$
4 д	$1,07 \cdot 10^{-4}$	20 д	$4,79 \cdot 10^{-4}$	80 д	$1,25 \cdot 10^{-1}$
5 д	$1,17 \cdot 10^{-4}$	21 д	$5,26 \cdot 10^{-4}$		

Додаток Б

(обов'язковий)

Інтерпретація первинних даних МВН НС

Б.1 Розрахунок ефективних доз внутрішнього опромінення виконується після проведеного біофізичного вимірювання (групи біофізичних вимірювань). Для розрахунку повинні використовуватись результати всіх вимірювань, отриманих в ході всіх програм МВН НС, що виконувались для обстежуваної особи.

Б.2 Результатами k -го вимірювання r -го радіонукліда є:

– $M_r(t_k)$ – вміст r -го радіонукліда в органі/тканини або біопробі в момент часу t_k , Бк (при вимірюванні вмісту радіонукліда в органі/тканини t_k відповідає даті вимірювання, при вимірюванні вмісту радіонукліда в біопробі t_k відповідає даті збору біопроби);

– $\sigma_r(t_k)$ – абсолютна похибка визначення вмісту r -го радіонукліда в момент часу t_k , Бк (визначається згідно Б.3);

– $MДР_r(t_k)$ – мінімально-детектований рівень вмісту r -го радіонукліда в момент часу t_k , Бк (визначається у відповідності до методики виконання вимірювань).

Зазначені результати вимірювань (виконаних в рамках МВН НС) складають мінімальний набір первинних даних, що використовується для розрахунків доз внутрішнього опромінення.

Б.3 Значення абсолютної похибки визначення вмісту r -го радіонукліда $\sigma_r(t_k)$ розраховується за формулою:

$$\sigma_r(t_k) = \sqrt{\tilde{\sigma}_r^2(t_k) + \sigma_{0,r}^2(t_k)}, \quad (\text{Б.1})$$

де $\tilde{\sigma}_r(t_k)$ – абсолютна похибка вимірювання в момент часу t_k , що визначається у відповідності до методики виконання вимірювань;

$\sigma_{0,r}(t_k)$ – стала компонента абсолютної похибки k -го вимірювання r -го радіонукліда, що враховує флуктуації біокінетичних параметрів і ін.; значення $\sigma_{0,r}(t_k)$ приймається рівним $0,3 \cdot M_r(t_k)$.

Б.4 Список радіонуклідів, для яких необхідно виконувати розрахунок доз внутрішнього опромінення, встановлюється національними програмами МОН НС внутрішнього опромінення. В обов'язковому порядку виконується розрахунок доз внутрішнього опромінення від надходження таких радіонуклідів:

– для усіх осіб – ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{95}Nb , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{103}Ru , ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{132}Te , ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{141}Ce , ^{144}Ce ;

– для осіб, які мали ризик надходження альфа-випромінюючих радіонуклідів – ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am .

Б.5 Для цілей інтерпретації первинних даних МВН НС вводиться поняття інтервалу моніторингу – інтервалу часу між двома послідовними вимірюваннями. i -им інтервалом моніторингу ($i \geq 1$) називається інтервал часу між $i-1$ -им і i -им вимірюваннями.

Примітка. Нумерація вимірювань виконується з 0. Нульовим вимірюванням є перше виконане вимірювання обстежуваної особи.

Б.6 Кожному інтервалу моніторингу і радіонукліду ставиться у відповідність значення E_i^r – ефективної дози внутрішнього опромінення, отриманої від надходження r -го радіонукліда, що відбулось на i -му інтервалі моніторингу. Якщо на i -му інтервалі моніторингу r -ий радіонуклід не надходив до організму обстежуваної особи, то $E_i^r = 0$.

Б.7 Для кожного радіонукліда послідовно формується функція $F_m^r(t)$, що апроксимує ряд вимірювань вмісту r -го радіонукліда в органі/тканини або біопробах на m початкових інтервалах моніторингу:

$$F_m^r(t) = \sum_{i=1}^m \frac{E_i^r}{\xi_r(t - \tau_i)}, \quad (\text{Б.2})$$

де τ_i – дата i -го надходження;

$\xi_r(t)$ – очікувана ефективна доза внутрішнього опромінення, що відповідає вмісту 1 Бк r -го радіонукліда в органі/тканини (добовому виведенню 1 Бк r -го радіонукліда з сечею або калом) в момент часу t з моменту однократного надходження, мЗв·Бк⁻¹ (визначається згідно Б.11).

Б.8 Критерієм підтвердження надходження r -го радіонукліда на i -му інтервалі моніторингу після k -ої групи вимірювань є умова $F_{i-1}^r(t_k) - M_r(t_k) > \sigma_r(t_k)$. При її виконанні приймається, що на розглядуваному інтервалі моніторингу мало місце надходження радіонукліда. В протилежному випадку вважається, що надходження r -го радіонукліда на i -му інтервалі моніторингу не було ($E_i^r = 0$), і результат вимірювання на цьому інтервалі повинний бути використаний для уточнення останнього підтверженого надходження за допомогою розв'язання мінімізаційної задачі (Б.3).

Б.9 Якщо в рамках МОН НС внутрішнього опромінення виконано m вимірювань і останнє надходження r -го радіонукліда припускається (або детектовано) на n -му інтервалі моніторингу ($n \leq m$), то значення ефективної дози внутрішнього опромінення від надходження r -го радіонукліда на n -му інтервалі моніторингу E_n^r (мЗв) знаходиться в результаті розв'язання мінімізаційної задачі:

$$\left[\min_{E_n^r} \sum_{k=n}^m \left(\frac{E_n^r}{\xi_r(t_k - \tau_n)} - [M_r(t_k) - F_{n-1}^r(t_k)] \right)^2 \frac{1}{(\sigma_r(t_k))^2}, \right. \\ \left. 0 \leq \tau_{m-1} < \tau_m \right] \quad (\text{Б.3})$$

де значення E_i^r для $1 \leq i < n-1$ визначаються в попередніх розрахунках; значення E_n^r є параметром оптимізаційного пошуку.

Примітка 1. При визначенні дати надходження τ_n до розв'язання мінімізаційної задачі (Б.3) значення ефективної дози E_n^r розраховується за формулою:

$$E_n^r = \frac{\sum_{k=n}^m \frac{M_r(t_k) - F_{n-1}^r(t_k)}{(\sigma_r(t_k))^2 \xi_r(t_k - \tau_n)}}{\sum_{k=n}^m \frac{1}{(\sigma_r(t_k))^2 (\xi_r(t_k - \tau_n))^2}} \quad (\text{Б.4})$$

Примітка 2. При виконанні умови, зазначеної в Примітці 1, і використанні для розрахунку доз результатів вимірів, отриманих тільки на одному (останньому) інтервалі моніторингу, значення ефективної дози E_n^r розраховується за формулою:

$$E_n^r = (M_r(t_k) - F_{n-1}^r(t_k)) \xi_r(t_k - \tau_n). \quad (\text{Б.5})$$

Примітка 3. В якості числового значення величини $M_r(t_k)$ використовується результат вимірювання вмісту r -го радіонукліда в момент часу t_k незалежно від перевищення/неперевищення відповідного значення МДР.

Б.10 За наявності для радіонукліду більше двох джерел біофізичних вимірювань (добові проби кала і сечі, вміст в легенях, в усьому тілі і ін.) мінімізаційна задача (Б.3) перетворюється до такого вигляду:

$$\left[\begin{array}{l} \min_{E_n^{r,s}} \sum_{k_s=j_1^s}^{j_2^s} \left(\sum_{i=1}^n \frac{E_i^{r,s}}{\xi_r^s(t_{k_s} - \tau_i)} - M_r^s(t_{k_s}) \right)^2 \frac{1}{(\sigma^s(t_{k_s}))^2}, t_{n-1} \leq t_{k_s} < t_n, s=1..S, 0 \leq \tau_{m-1} < \tau_m \\ \min \frac{\sum_{s=1}^{S-1} \sum_{q=s+1}^S (E_n^{r,s} - E_n^{r,q})^2}{\sum_{s=1}^S E_n^{r,s}} \end{array} \right. \quad (\text{Б.6})$$

де S – кількість джерел біофізичних вимірювань;

індекс s відноситься до s -го джерела біофізичних вимірювань радіонукліда, що розглядається.

В якості розв'язку такої задачі приймається $E_n^r = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S E_n^{r,s}$.

Б.11 Функції $\xi_r(t)$ розраховуються згідно з біокінетичними і дозиметричними моделями МКРЗ, викладеними в Публікаціях МКРЗ 30, 38, 54, 56, 66, 67, 68, 69, 71. Для розрахунку функцій $\xi_r(t)$ для інгаляційного надходження використовуються такі референтні параметри інгальованого аерозолі:

а) AMAD = 1 мкм;

б) тип матеріалу (тип системного надходження) – наведений в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – Референтні типи матеріалів для розрахунків функцій $\xi_r(t)$

Радіонуклід	Тип матеріалу
^{51}Cr	S
^{54}Mn	M
^{59}Fe	M
$^{58}\text{Co}, ^{60}\text{Co}$	S
^{90}Sr	S
^{95}Zr	M
^{95}Nb	S
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	M
$^{103}\text{Ru}, ^{106}\text{Ru}$	S
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	S
$^{131}\text{I}, ^{132}\text{I}, ^{133}\text{I}, ^{134}\text{I}, ^{135}\text{I}$	F
^{132}Te	M
$^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$	F
^{140}Ba	F
$^{141}\text{Ce}, ^{144}\text{Ce}$	S
$^{238}\text{Pu}, ^{239}\text{Pu}, ^{240}\text{Pu}, ^{241}\text{Pu}$	S
^{241}Am	S

Примітка. Для радіонуклідів, включених до списку контрольованих і відсутніх в цій таблиці, в якості референтного повинний використовуватись тип матеріалу, що рекомендується МКРЗ.

Б.12 Програми МВН НС можуть допускати виконання розрахунків ефективних доз внутрішнього опромінення від окремих радіонуклідів непрямим методом – за результатами інтерпретації первинних даних базових радіонуклідів, наприклад, таким чином:

$$E_i^r = k_r \cdot E_i^b, \quad (\text{Б.7})$$

де E_i^r – ефективна доза внутрішнього опромінення на i -му інтервалі моніторингу від надходження радіонукліда, для якого відсутні біофізичні вимірювання;

k_r – коефіцієнт, що використовується для розрахунку ефективної дози внутрішнього опромінення від r -го радіонукліда (для якого відсутні біофізичні

вимірювання), виходячи з ефективної дози внутрішнього опромінення від надходження базового радіонукліда (для якого зазначена доза визначена згідно з Б.9 – Б.10);

E_i^b – ефективна доза внутрішнього опромінення від надходження базового радіонукліда на i -му інтервалі моніторингу.

Б.13 Ефективна доза внутрішнього опромінення E_n від надходження радіонуклідів на n -му інтервалі моніторингу (інтервалі часу між $n-1$ -им і n -им вимірюваннями) розраховується за формулою:

$$E_n = \sum_r E_n^r, \quad (\text{Б.8})$$

де підсумовування виконується за всіма радіонуклідами, включеними до складу контрольованих відповідними програмами МОН НС внутрішнього опромінення;

E_n^r – ефективна доза внутрішнього опромінення, отримана від надходження r -го радіонукліда, що відбулося на n -му інтервалі моніторингу (в момент часу τ_n).

Б.14 Річна очікувана ефективна доза внутрішнього опромінення E розраховується за формулою:

$$E = \sum_r \sum_{i=l_1}^{l_2} E_i^r, \quad (\text{Б.9})$$

де підсумовування виконується за всіма радіонуклідами, включеними до складу контрольованих відповідними програмами МОН НС внутрішнього опромінення;

l_1, l_2 – індекси, відповідно, першого і останнього біофізичних вимірювань (групи вимірювань).