

РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА

УДК 614.876;612.014

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ЯК ОДИН З ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ (огляд літератури)

Фризюк М.А.

ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України", м. Київ

Вступ. Радіаційна безпека персоналу, населення та навколишнього природного середовища вважається забезпеченою, якщо дотримуються три основні принципи: *виправданості* (доцільності), *обмеження* (нормування) та *оптимізації* [1,2].

Окремі положення радіаційної безпеки реалізовано в нормативних документах "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)" [3] та "Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України" (ОСПУ-2005) [4] з урахуванням рекомендацій Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ) [5,6] і вимог Міжнародних основних норм безпеки [7].

Стаття містить огляд міжнародних вимог до впровадження основних принципів радіаційної безпеки, серед яких значне місце займає оптимізація (вдосконалення захисту).

Міжнародні вимоги до радіаційного захисту населення.

Принцип виправданості передбачає, що використання джерел іонізуючого випромінювання, заходи щодо зміни ситуації опромінення населення, яка склалася, а також дії у разі радіаційної аварії повинні бути виправдані. Це означає, що вони повинні приносити достатню користь у плані захисту здоров'я людини або розвитку економіки, і користь для окремих людей і суспільства в цілому повинна переважати шкоду.

Принцип виправданості застосовується в кожному конкретному випадку на стадії прийняття рішення уповноваженими органами при проектуванні нових джерел випромінювання та радіаційних об'єктів, видачі ліцензій та затвердження нормативно-технічної документації на використання джерел випромінювання, а також при зміні умов їх експлуатації.

У найбільш простих ситуаціях перевірка принципу виправданості здійснюється шляхом порівняння користі і шкоди:

$$X - (Y_1 + Y_2) \geq 0, \quad (1)$$

де, X – користь від застосування джерела випромінювання або умов опромінення, за вирахуванням всіх витрат на створення та експлуатацію джерела випромінювання або умов опромінення, крім витрат на радіаційний захист;

Y_1 – витрати на всі заходи захисту;

Y_2 – шкода, що наноситься здоров'ю людей та навколишньому середовищу від опромінення, не усунутого захисними заходами.

Різниця між користю (X) і сумою шкоди ($Y_1 + Y_2$) повинна бути більша за нуль, а при наявності альтернативних способів досягнення користі (X) ця різниця пови-

нна бути ще й максимальною. У випадку, коли неможливо досягти перевищення користі над шкодою, приймається рішення про

неприйнятність використання даного виду джерела випромінювання.

Перевірка дотримання принципу виправданості, що пов'язана із зважуванням користі і шкоди від джерела випромінювання, коли найчастіше користь і шкода вимірюються через різні показники, не обмежується лише радіологічними критеріями, а включає соціальні, економічні, психологічні та інші чинники.

Практично завжди виправдане медичне застосування іонізуючого випромінювання з метою діагностики або лікування важких ракових захворювань.

Не настільки однозначні ситуації з використанням потужних джерел випромінювання в промисловості, із захистом населення від природних джерел випромінювання (наприклад, від радону в житлових приміщеннях). З позицій виправданості слід підходити також до застосування дорогих заходів захисту через десятки років після радіаційних аварій, коли дози опромінення знизилися до рівня доз від природного фону.

Пріоритет віддається показникам здоров'я у порівнянні з економічними вигодами.

В умовах радіаційної аварії принцип виправданості відноситься не до джерел випромінювання та умов опромінення, а до захисного заходу. При цьому як величину користі потрібно оцінювати відвернену даним заходом дозу.

Принцип обмеження (нормування) встановлює обмеження на рівні техногенного опромінення. Для цього вводиться поняття "ліміту дози". Ліміт дози для населення встановлюється так, щоб гіпотетичний ризик смерті від техногенного випромінювання відповідав рівню прийнятного ризику.

Прийнятним вважається повсякденний ризик, пов'язаний з нормальною роботою всіх неядерних промислових підприємств. Рівні прийнятного ризику в різних країнах можуть відрізнятися [7,8].

За міжнародними вимогами, індивідуальний та колективний довічний ризик виникнення стохастичних ефектів визначається за формулами [2-3]:

$$r_{ic} = \int_0^{\infty} p_i(E_i) \cdot r_E \cdot E dE \quad (2)$$

$$R = \sum_{i=1}^N r_{ic} \quad (3)$$

де, r , R – індивідуальний та колективний довічний ризик, відповідно;

E – індивідуальна ефективна доза;

$p_i(E) dE$ – імовірність для i -го індивідуума отримати річну ефективну дозу від E до $E+dE$;

r_E – коефіцієнт довічного ризику скорочення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на 15 років на один стохастичний ефект (від смертельного раку, серйозних спадкових ефектів і несмертельного раку, приведеного по шкоді до наслідків від смертельного раку).

Зниження ризику до можливо низького рівня (*оптимізацію*) слід здійснювати з урахуванням двох обставин:

- ліміт ризику регламентує потенційне опромінення від усіх можливих джерел випромінювання. Тому для кожного джерела випромінювання при оптимізації встановлюється ліміт ризику;
- при зниженні ризику потенційного опромінення існує мінімальний рівень ризику, нижче якого ризик вважається нехтуваним і подальше зниження ризику недоцільне.

Ліміт індивідуального довічного ризику в умовах нормальної експлуатації для

техногенного опромінення впродовж року персоналу приймається округлено $1,0 \times 10^{-3}$, а для населення – $5,0 \times 10^{-5}$. Рівень нехтуваного ризику становить 10^{-6} [2,8].

*Принцип оптимізації*¹ передбачає підтримання на можливо низькому і досяжному рівні як індивідуальних (нижче лімітів, встановлених гігієнічними нормативами), так і колективних доз опромінення, з урахуванням

¹ Оптимізація в широкому розумінні цього слова – це процес вибору найкращого варіанту вирішення будь-якої задачі за даних умов.

економічних та соціальних факторів. Тобто потрібно використовувати всі можливості для зниження сумарного ризику з урахуванням існуючих (обмежуючих) економічних факторів і потреб людей [5,6].

Реалізація принципу оптимізації здійснюється кожного разу, коли планується проведення захисних заходів. Відповідальними за реалізацію цього принципу є служби або особи, відповідальні за організацію радіаційної безпеки на об'єктах і територіях, де виникає необхідність у протирадіаційному захисті.

Застосування принципу оптимізації відноситься до всіх категорій опромінення: опромінення персоналу, населення та медичного опромінення [7].

В умовах нормальної експлуатації джерела випромінювання або умов опромінення оптимізація (вдосконалення захисту) повинна здійснюватися при рівнях опромінення в діапазоні від відповідних лімітів доз до досягнення нехтувано малого рівня – 10 мкЗв у рік індивідуальної дози. Реалізація принципу оптимізації, як і принципу виправданості, здійснюється за спеціальними методичними вказівками, що затверджуються органом державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки, а до їх видання – шляхом проведення радіаційно-гігієнічної експертизи обґрунтовуючих документів [3,4,7,9].

Для обґрунтування витрат на радіаційний захист при реалізації принципу оптимізації приймається, що опромінення в колективній ефективній дозі в 1 люд.-Зв призводить до потенційного збитку, що дорівнює

втраті 1 люд.-року життя населення. Величина грошового еквіваленту втрати 1 люд.-року життя населення встановлюється методичними вказівками органом Держсанепіднагляду в розмірі не менше 1 на душу населення річного національного доходу [5,6]. Тобто мінімальною витратою на вдосконалення захисту, який знижує ефективну дозу на 1 люд.-Зв, вважається витрата, що дорівнює 1 на душу населення річному національному доходу (величина альфа, що прийнята в міжнародних рекомендаціях [5,6,9]).

В умовах радіаційної аварії, коли замість лімітів доз діють більш високі рівні втручання, принцип оптимізації застосовується до захисного заходу з урахуванням відверненої дози опромінення і збитку, пов'язаного з втручанням.

В післяаварійний період оптимізація радіаційного захисту населення виконується уповноваженими державними органами. План радіаційного захисту населення в післяаварійний період, як правило, розглядається і затверджується органом державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки.

Проведення процедури оптимізації. Для розробки виправданих та оптимізованих контрзаходів необхідно використовувати прийняті в міжнародній практиці методи оптимізації радіологічного захисту.

Всі основні методи оцінки виправданості та проведення оптимізації радіологічного захисту в ситуаціях втручання базуються на структурному підході. Процедура оптимізації радіаційного захисту в загальному вигляді полягає в послідовному виконанні за певними правилами ряду етапів (рисунок 1).

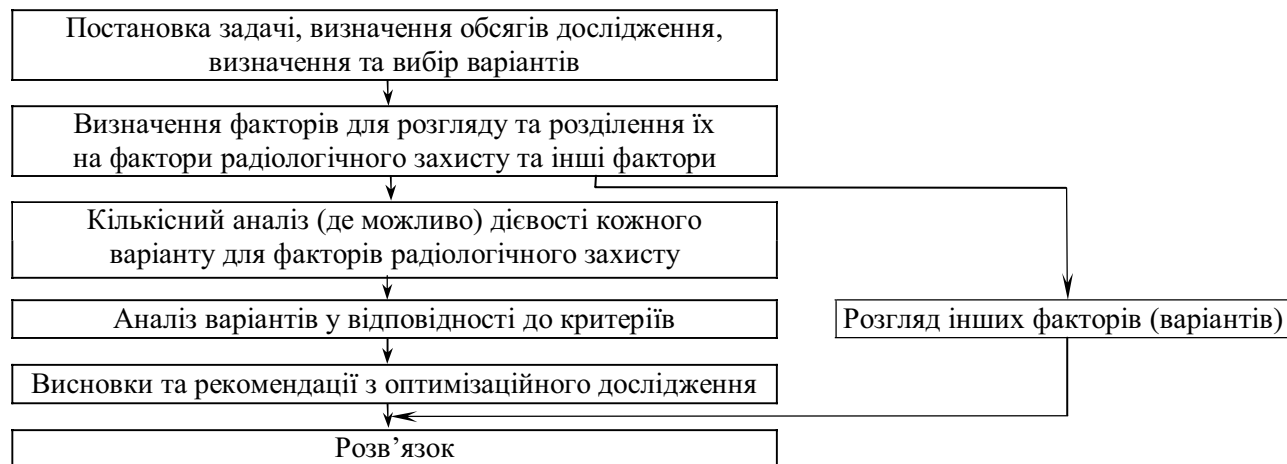


Рисунок 1. Основні кроки процедури оптимізації.

Ця схема спрощена і не відображає всіх можливих ситуацій, що можуть виникнути при проведенні оптимізаційного дослідження. Вона не включає, наприклад, зворотній зв'язок між етапами або можливість перегляду деяких проміжних результатів під час аналізу.

Реалізація принципів протирадіаційного захисту в Україні. Виходячи з прийнятих в Україні значень прийнятного ризику, ліміт дози для населення встановлено на рівні 1 мЗв у рік. Це приблизно в два рази менше від середньосвітового рівня опромінення від природного фону [3,7].

Обмеження опромінення населення здійснюється шляхом регламентації та контролю газо-аерозольних викидів і рідинних скидів у процесі роботи радіаційно-ядерних об'єктів та вмісту радіонуклідів в окремих об'єктах навколишнього середовища (воді, продуктах харчування, повітрі тощо) [3].

Ліміт дози застосовується виключно в так званих "планованих ситуаціях", коли опромінення людини пов'язане з повсякденним (передбаченим проектом і ліцензією) режимом роботи установки, що використовує джерела іонізуючого випромінювання. Ліміт дози є вихідним параметром для проектування всіх нових ядерних установок, від рентгенівської апаратури до ядерних реакторів.

В аварійних ситуаціях ліміт дози непридатний. З метою оптимізації радіаційного захисту вводиться поняття "референтної дози". Перевищення референтного рівня вважається неприйнятним і вимагає застосування захисних заходів (втручання).

По відношенню до "існуючих" ситуацій опромінення також застосовується референтна доза, а не ліміт дози. До таких ситуацій належать, наприклад, поточне опромінення населення на забруднених в результаті аварії на Чорнобильській АЕС територіях і опромінення за рахунок радону в приміщеннях.

В Україні за роки, що минули після аварії на ЧАЕС, процедури оптимізації більшості проведених контрзаходів здійснювались лише за радіологічними критеріями: зниження коефіцієнтів переходу в ланці ґрунт-рослини (продукти харчування), зменшення коефіцієнтів всмоктування, зменшення потужності гамма-випромінювання тощо. Були також спроби економічного обґрунтування впровадження окремих контрзаходів і вивчення психо-соціальної реакції населення на проведення контрзаходів [9,10].

Проте досі не здійснювалась комплексна одночасна повна оцінка ефективності контрзаходів за всіма важливими критеріями (радіологічними, економічними та психо-соціальними тощо).

Вперше процедури оптимізації було впроваджено в НРБУ-97. Цей принцип було застосовано до ситуації "втручання", тобто аварійної ситуації на пізній (відновлювальній) стадії аварії, та до 4-ї групи радіаційно-гігієнічних регламентів (опромінення людини від техногенно-підсиленних джерел природного походження в побуті та на виробництві). Проте, більш детальні розробки цих процедур реалізовано тільки в одних методичних рекомендаціях, які стосуються пізньої стадії аварії [3,9].

Висновок

Для проведення всебічної оцінки ефективності будь-якого контрзаходу та спрощення процесу прийняття обґрунтованих рішень щодо необхідності та виправданості втручання необхідно здійснювати комплексну процедуру оптимізації (для проведення якої потрібно розробити відповідні методичні вказівки), яка є необхідною складовою частини системи прийняття рішень щодо зменшення опромінення населення.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Оптимизация радиационной защиты при контроле облучения персонала //МАГАТЭ. Серия докладов по безопасности №21. –Вена: МАГАТЭ, –2003. –82 с.
- 2 Система радиационной защиты //Радиационная безопасность населения Российской Федерации [Электронный ресурс]: http://www.rb.mchs.gov.ru/system/index.php?SECTION_ID=107.

- 3 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. –Київ, –1998. –135 с.
- 4 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (Наказ МОЗУ №54 від 02.02.05) //Офіційний вісник України: Щотижневий збірник актів законодавства. – 2005. –№23. –С. 197-279.
- 5 Публикация МКРЗ 37. Оптимизация радиационной защиты на основе анализа соотношения затраты-выгода. –Москва: Энергоатомиздат, –1985. –95 с.
- 6 ICRP Publication 55. Optimization and Decision-making in Radiological Protection. –New York: Pergamon Press, –1988. –60 p. –(Annals of the ICRP. –1988. –Vol.20, –No.1).
- 7 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards //IAEA Safety Standards Series No. GSR. Part 3. –Vienna: IAEA, –2011. –303 p.
- 8 Нормирование различных видов риска /В.Ф. Демин, В.Я. Голиков, Е.В. Иванов, С.И. Иванов, Л.А. Ильин, С.М. Новиков //Гигиена и санитария. –2002. –№6. –С. 30-36.
- 9 Процедура оптимізації прямих контрзаходів на пізній фазі радіаційної аварії: інструктивно-метод. вказівки /МНС України, МОЗ України, НЦРМ України. –К.: Чорнобильінтерінформ, –1999. –69 с.
- 10 Наукове обґрунтування реальних шляхів зменшення поточних доз опромінення населення в різних регіонах України: Звіт про НДР (заключ.) /Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва (ІГМЕ) АМНУ; Керівник А.М. Сердюк, №ДР 0104U002529. –К., –2006. –119 с.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ
КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
(обзор литературы)**

Фризиук М.А.

Статья содержит обзор международных требований к внедрению основных принципов радиационной безопасности, среди которых значительное место занимает оптимизация (совершенствование защиты).

За годы, прошедшие после аварии на ЧАЭС, в Украине оценка эффективности контрмер проводилась в основном только по радиологическим показателям. Лишь в отдельных случаях учитывались и другие факторы (экономические, психо-социальные и пр.). Поэтому, для всесторонней оценки эффективности любых контрмер и упрощения процесса принятия обоснованных решений о необходимости и оправданности вмешательства необходимо осуществлять комплексную процедуру оптимизации.

**OPTIMIZATION OF ANTIRADIATION PROTECTION OF THE POPULATION
AS ONE OF THE MAIN PRINCIPLES OF RADIATION SAFETY
(review)**

M.A. Friziuk

The article contains a review of the international requirements to the introduction of the main principles of radiation safety, optimization is among the most significant one.

In Ukraine for the years after the accident at the CNNP an assessment of the efficiency of the preventive measures were performed mainly only by the radiological indices. Only in separate cases the other factors were taken into account (economical, psycho-social etc.). That's why for the overall assessment of the efficiency of any preventive measures and the simplification of the process of making of the substantiated decision about necessity and justification of the interference it is necessary to perform a procedure of complex optimization.