

АЕРОПОРТИ ТА ЇХ ІНФРАСТРУКТУРА

УДК 504.75.05:621.311.25(045)

¹В.І. Применко, д-р техн. наук²Б.Т. Канунніков³В.А. Лук'янчикова

РОЗРАХУНОК ДОЗ ОПРОМІНЮВАННЯ НАСЕЛЕННЯ В ЗОНІ ЗАРАЖЕННЯ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА АТОМНОМУ РЕАКТОРІ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

^{1,2}НАУ, кафедра безпеки життєдіяльності

E-mail: ied@nau.edu.ua; www.nau.edu.ua

³Дочірня компанія «Газ України»

E-mail: aluk@ukr.net; http://www.naptogas.net

Установлено залежність рівня радіації на забрудненій території четвертої зони від часу. На основі виведеного рівняння модернізовано метод розрахунку потужності дози опромінювання.

Dependence of a level of radiation in the polluted territory of the fourth zone from time is established. On the basis of the deduced equation the method of calculation of capacity of irradiation doze is advanced.

Вступ

Радіаційнозабруднені території небезпечні для здоров'я людей, що там проживають.

У зв'язку з цим кількісна характеристика рівнів радіації таких територій з урахуванням природних процесів дифузії радіонуклідів на них має вирішальне значення.

Важливе місце у вирішенні цього завдання посідає аналіз експериментально зафіксованого спаду рівня радіації на забрудненій території, здійснений упродовж майже двох десятиліть.

Постановка завдання – проаналізувати й оптимізувати існуючі методи розрахунків рівнів радіації та доз опромінювання, розрахувати коефіцієнт спаду рівня радіації та тривалий період, дані розрахунків ув'язати з експериментальними замірами параметрів забруднення, в'яснити роль природних міграційних процесів у зміні радіаційної обстановки.

Визначення залежності доз опромінювання від параметрів радіонуклідів

Розрахунки поглинутих доз опромінювання, які можуть бути отримані населенням за різний час перебування на території, що забруднена радіонуклідами, проводять з урахуванням закону радіаційного розпаду, відповідно з яким зміна абсолютної активності радіонуклідів (щільності забруднення) може бути подана залежністю [1]:

$$N_t = \frac{N_0}{2^{t/T}},$$

де N_0 – початкова абсолютна активність; t – час, що минув від початку аварії; T – період піврозпаду радіонукліда.

Замінюючи рівень забруднення відповідною йому потужністю поглинутої дози гамма-випромінювання, отримаємо:

$$\dot{D}_t = \frac{\dot{D}_0}{2^{t/T}},$$

де \dot{D}_t – потужність поглинутої дози в момент часу t , що розглядається; \dot{D}_0 – потужність поглинутої дози, яка відповідає початковій щільності забруднення гамма-випромінюючих радіонуклідів.

Тоді поглинута доза опромінювання за інтервалом часу від t_0 до t_1 з урахуванням коефіцієнта ослаблення $K_{\text{осл}}$ становитиме:

$$\dot{D}_0 = \frac{1,44T\dot{D}_0 \left(2^{-\frac{t_0}{T}} - 2^{-\frac{t_1}{T}} \right)}{K_{\text{інє}}}, \quad (1)$$

де t_0 – час після зараження території, з моменту якого починається розрахунок поглинутої дози опромінювання; t_1 – час, що минув після зараження території, до якого розраховується поглинута доза опромінювання.

Для проведення практичних розрахунків за формулою (1) необхідно знати потужність \dot{D}_0 , що відповідає даному рівню забруднення певним радіонуклідом:

$$\dot{D}_0 = 0,2\mu E N_0 n, \quad (2)$$

де μ – лінійний коефіцієнт ослаблення гамма-випромінювання; E – енергія гамма-квантів певного радіонукліда, Мев; n – валентність певного радіонукліда (для цезію-137 $n = 1$).

Лінійний коефіцієнт μ можна визначити за табл. 1, яка побудована за даними залежності коефіцієнта μ від енергії радіонуклідів E .

Такі додаткові поглинуті дози опромінення будуть отримані населенням у зоні посиленого радіоекологічного контролю за змодельовані

Таблиця 1

Залежність лінійного коефіцієнта μ від енергії радіонуклідів E

E , Мев	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0
μ , $1 \cdot \text{см}^{-1}$	$1,98 \cdot 10^{-4}$	$1,46 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$0,81 \cdot 10^{-4}$	$0,57 \cdot 10^{-4}$	$0,46 \cdot 10^{-4}$

За умови Чорнобильської катастрофи розрахунок раціонально вести за радіонуклідом цезій-137, оскільки це єдиний потужний гамма-випромінювач викиду четвертого блоку реактора Чорнобильської атомної електростанції, що буде існувати декілька століть.

Розрахунок отриманих доз у зоні посиленого контролю

За даними вимірювань у грудні 1990 р. в зоні посиленого радіаційного контролю щільність забруднення її території за цезієм-137 не перевищувала $D_0 = 7,4 \cdot 10^4$ Бк·м⁻². Використовуючи ці дані, розраховували додаткову дозу опромінювання населення, яку воно може отримати за різний проміжок часу, починаючи з січня 1991 р. і далі через 2, 5, 10, 30, 50 р.

Для розрахунків \dot{D}_0 та \dot{D}_i використовували такі вихідні дані:

$$N_0 = 7,4 \cdot 10^4 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-2};$$

$$T_{\text{Ce-137}} = 30 \text{ р.};$$

$$E = 0,7 \text{ Мев};$$

$$\mu = 0,95 \cdot 10^{-4} \text{ 1} \cdot \text{см}^{-1};$$

$$n = 1;$$

$$K_{\text{осл}} = 1;$$

$$t_0 = 4 \text{ р.};$$

$$t_1 = 6 \text{ р.};$$

$$t_2 = 9 \text{ р.};$$

$$t_3 = 14 \text{ р.};$$

$$t_4 = 21 \text{ р.};$$

$$t_5 = 34 \text{ р.};$$

$$t_6 = 54 \text{ р.}$$

За формулою (2) знаходимо

$$D_0 = 0,2 \cdot (0,95 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,7 \cdot (7,4 \cdot 10^4) \cdot 1 = 38,332 \text{ Гр} \cdot \text{р.}^{-1} = 38,33 \cdot 8,75 \cdot 10^3 \text{ Гр} \cdot \text{р.}^{-1}.$$

За формулою (1) отримаємо:

якщо $t_1 = 6$ р. (упродовж 2 р.),

$$Dt_1 = 0,434 \text{ мГр};$$

якщо $t_2 = 9$ р. (упродовж 5 р.),

$$Dt_2 = 1,028 \text{ мГр};$$

якщо $t_3 = 14$ р. (упродовж 10 р.),

$$Dt_3 = 1,504 \text{ мГр};$$

якщо $t_4 = 24$ р. (упродовж 20 р.),

$$Dt_4 = 3,356 \text{ мГр};$$

якщо $t_5 = 34$ р. (упродовж 30 р.),

$$Dt_5 = 4,580 \text{ мГр};$$

якщо $t_6 = 54$ р. (упродовж 50 р.),

$$Dt_6 = 6,280 \text{ мГр}.$$

періоди часу при знаходженні на відкритій місцевості впродовж повної доби ($K_{\text{осл}} = 1$).

У дійсності кожна людина практично знаходиться на відкритій місцевості впродовж тільки певного часу, а решту доби – у відповідних приміщеннях будівель і споруд з різними коефіцієнтами ослаблення радіації $K_{\text{осл}}$. Тому в стільки само разів фактичні дози будуть меншими за розрахункові.

Експериментальне дослідження спаду рівня радіації

Системне дослідження спаду рівня радіації в зоні посиленого радіоекологічного контролю проведено від початку зараження у травні 1986 р. до поточного року.

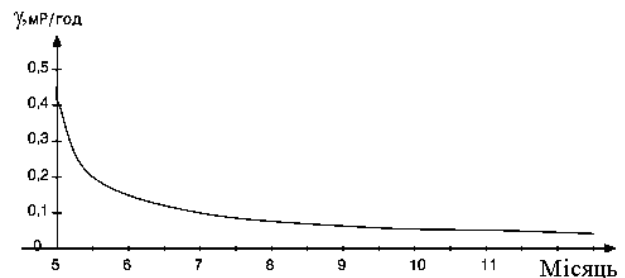
У процесі роботи проводились експериментальні дослідження рівнів радіації (50 точок), гамма-фону, ступеня радіаційного забруднення території бета- і альфа-радіонуклідами, а також приміщень і будівель.

Для здійснення досліджень використовувались прилади ДП-5, СРП-68-01, БЕТА, КРБ-1, КРА-1.

Дослідження активності альфа-радіонуклідів приладом КРА-1 у четвертій зоні забруднення показали, що вона знаходиться в межах 0,01–0,05 розпад/(см²·хв) із роками не змінюється. Це дозволяє зробити висновок про те, що забруднення цієї зони альфа-радіонуклідами відбувалося і на порядок нижче норм закону [2].

Особливо високу активність гамма-випромінювачів зафіксовано у травні 1986 р. (див. рисунок).

Подібна картина спостерігається і для бета-випромінювачів.



Залежність активності гамма-випромінювачів від часу

Однак діапазон відхилень, заміряних КРБ-1 значень, уже в перші роки після катастрофи становив 30–20 розпад/(см²·хв), що свідчить лише про наявність слідів бета-випромінювачів і відповідає стандартним значенням для цієї зони згідно з законом [2].

Подальшими роками бета-активність знизилася в декілька разів. Проте гамма-активність території четвертої зони з травня 1986 р. зазнала суттєвих змін. У подальшому інтенсивність спаду рівня радіації системно зменшувалась (табл. 2).

Однак практичне застосування цього методу обмежено в часі, оскільки коефіцієнт k_t прорахований лише на один рік.

У зв'язку з цим за наведеним рівнянням провели розрахунок числових даних коефіцієнта k_t (табл. 3). Наведені доповнення дозволяють проводити розрахунки потужності дози опромінювання на будь-який практичний термін часу, що робить методику універсальною і дозволяє обчислювати дозу опромінювання на визначений період часу.

Таблиця 2

Спад рівня радіації в зоні посиленого радіоекологічного контролю

Рік	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997, 1998	1999, 2000, 2001, 2002	2003, 2004, 2005
Рівень радіації, мкР/год	400-42	42-33	33-28	28-24	24-22	22-20	20-18	18-17	17-16	16-15	15-14	14	13	12

Таблиця 3

Зміна коефіцієнта k_t з часом

Рік після катастрофи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
k_t	0,0100	0,0069	0,0055	0,0047	0,0041	0,0036	0,0033	0,0030	0,0027	0,0025	0,0024	0,0023

Закінчення табл. 3

Рік після катастрофи	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50
k_t	0,0021	0,0020	0,0019	0,0018	0,0021	0,0020	0,0019	0,0018	0,0013	0,0012	0,0010	0,0009

Отримана на підставі цих експериментальних даних експоненціальна крива може бути описана рівнянням

$$P_t = P_1 t^{-0,53}.$$

Тим самим дослідним шляхом для тривалого інтервалу часу (майже 20 р.) було підтверджено відповідність теоретичних розрахунків практичним даним. Це дозволило здійснити модернізацію модельного методу розрахунку потужності поглинутої дози опромінювання, який був розроблений для інтервалу часу в один рік.

Модернізація розрахунку доз опромінювання

Наразі існує методика визначення потужності дози опромінювання [3]. В основу розрахунку покладено рівняння:

$$\dot{D} = \dot{D}_{x,1} k_w k_t k_x,$$

де $\dot{D}_{x,1}$ – потужність дози опромінювання на осі сліду через 1 год після катастрофи; k_w – коефіцієнт, що враховує електричну потужність ядерного реактора й частку радіоактивних речовин, викинутих з реактора; k_t – коефіцієнт, що враховує залежність дози опромінювання з часом; k_x – коефіцієнт, що враховує зміну потужності дози в поперечній площині сліду.

Висновки

Проведено системне експериментальне дослідження спаду активності радіонуклідів в зоні посиленого радіоекологічного контролю. Установлено, що альфа-активність і бета-активність у цій зоні знаходяться в межах норми. Однак гамма-активність переважно за рахунок цезію-137 у перший рік після катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції значно перевищувала її і зумовлювала додаткові дози опромінювання населення. Спад рівня радіації відповідає рівнянню $P_t = P_1 t^{-0,53}$. На основі цього рівняння здійснено модернізацію методу розрахунку доз опромінювання шляхом обчислення коефіцієнта, що враховує спад радіаційної активності з часом.

Література

1. Боровский Ю.В., Жаворонков Г.Н., Сердюков Н.Д., Шубан Е.П. Гражданская оборона. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
2. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 27.02.1991 р. // ВВРУ. – 1991. – № 16. – 199 с.
3. Методика выявления и оценки радиационной обстановки при авариях на атомных электростанциях. – М.: ГИИ РВ, 1989.

Стаття надійшла до редакції 20.03.05.