

## РАДІАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ

Моніторинг радіаційний - система постійного спостереження і контролю наявності і міри радіоактивного забруднення місцевості, повітря, води, їжі, техніки і людей в певному районі; оцінка вихідного стану радіаційного забруднення довкілля, виявлення тенденцій до його зміни і попередження про критичні ситуації, що створюються, шкідливі або небезпечні наслідки. М.р. організується і проводиться за спеціальною програмою на глобальному, національному (державному), регіональному і локальному рівнях. Він включає збір первинної інформації (вимір потужності поглиненої в повітрі дози, визначення вмісту радіонуклідів - наприклад цезій-137 і стронцій-90, в об'єктах довкілля, продуктах харчування, воді і ін.) з метою подальшого використання цієї інформації для контролю радіаційно-гігієнічного і контролю дозиметричного. Радіаційний моніторинг включає систему стеження за тимчасовою і просторовою динамікою радіаційного фону у фіксованих об'єктах спостереження. Можна виділити два види радіаційних спостережень: фоновий і імпактний моніторинг. Фоновий здійснює стеження за зміною радіаційних параметрів, які можуть бути викликані трансграничними перенесеннями радіоактивного забруднення (продукти ядерних вибухів, ядерних аварій, космогенні ізотопи). Імпактний моніторинг здійснює стеження за зміною радіаційних параметрів від локальних джерел радіоактивного забруднення (підприємства ядерного паливного циклу).

Кожна точка на Землі має свій радіаційний фон, який здебільше є природним фоном для даної місцевості. Зміна фону в даній конкретній точці у бік його підвищення може свідчити лише про одне: техногенне радіоактивне забруднення. Основне завдання радіаційного моніторингу зводиться до оперативного виявлення надфонових рівнів радіаційного фону, які є симптомами виникнення надзвичайних ситуацій.

Ґрунт є акумулятором всього забруднення, що випадало будь-коли на поверхню землі. По аналізу ґрунтових проб судять про сумарне радіоактивне забруднення даної місцевості.

Атмосферне повітря є найбільш мобільним природним середовищем, в яке здійснюються викиди підприємств, у тому числі і аварійні. Тому для найбільш оперативного виявлення підвищень радіаційного фону здійснюється моніторинг саме цього середовища. Радіаційний моніторинг поверхневих вод здійснюється на тих водних об'єктах, в які здійснюється або здійснювалося скидання або відбувалося осідання радіоактивних речовин з атмосфери.

Ядерна ера людства почалася після другої світової війни створенням підприємств по напрацюванню збройового плутонію, ядерними випробуваннями атомних бомб в атмосфері і інших природних середовищах, ядерних бомбардувань японських міст Хіросіми і Нагасакі. З метою підтримки ядерного паритету в 40-50-і роки ХХ століття спостерігалася гонка ядерних озброєнь. Це зрештою привело до того, що в довкіллі з'явилися такі радіоактивні елементи, яких не спостерігалася раніше (продукти ділення ядер атомів). Радіаційний глобальний фон поступово

підвищувався і досяг свого максимуму в 1963 році. Після підписання московського договору в 1963 році про заборону надземних ядерних випробувань, інжектування радіоактивних речовин в атмосферу практично припинилося. Максимальна щільність глобальних випадань радіонуклідів цезію-137 досягала в 1963 році  $450 \text{ Бк/м}^2$  в рік, стронцію-90-  $280 \text{ Бк/м}^2$  в рік. В даний час ці величини знаходяться на рівні одиниць  $\text{Бк/м}^2$  в рік.

В даний час значимішими в плані радіоактивного забруднення природного довкілля є підприємства ядерного паливного циклу: підприємства по видобутку і збагаченню урану, виробництву ядерного палива, атомні електростанції, підприємства по переробці відпрацьованого ядерного палива. Газоаерозольні викиди підприємств, що розсіюються з врахуванням метеорологічних умов, а також вторинні процеси перенесення радіоактивних речовин із забрудненіших територій є основними фізичними процесами, що впливають на динаміку розподілу техногенної радіоактивності в довкіллі.

## 10 ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

### ЗАДАЧА 1

На персонал підприємства протягом  $t$  годин в рік впливає гамма-випромінювання з потужністю експозиційної дози  $W$  і нейтронне (теплове) випромінювання з потужністю поглиненої дози  $P$ . Поглинена доза альфа-випромінювання за місяць -  $D$ . Визначити річну еквівалентну дозу і порівняти з допустимою.

№ вар.	$t$ , год.	$W$ , мкР/год.	$P$ , мкВт/кг	$D$ , рад
1	1000	200	0,01	0.02
2	800	500	0,02	0.015
3	1200	700	0,015	0,035
4	500	1000	0.007	0,012
5	2000	800	0,012	0,004
6	750	300	0,013	0,022
7	900	750	0,014	0,006
8	1100	2500	0,009	0,01

9	1250	100	0,05	0,001
10	400	330	0,002	0,06

### ЗАДАЧА 2

Визначити безпечну відстань від альфа-джерела з енергією часток E.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E, пДж	0,3	0,7	0,85	1,06	0,54	1,3	0,68	1,23	1,45	1,8

**Приклад.** Пробіг альфа-частинок в повітрі при температурі 15°C і тиску 101,3 кПа можна розрахувати за формулою, м:

$$d = 4,76 \cdot 10^{-3} \sqrt{E^3}, \quad (10.1)$$

де E – енергія часток у MeV.

Визначити енергію альфа-частинок, якщо пробіг у повітрі складає 10 см. З формули (10.1) маємо:

$$E = \sqrt[3]{\left(\frac{d}{4,76 \cdot 10^{-3}}\right)^2},$$

$$E = \sqrt[3]{\left(\frac{0,1}{4,76 \cdot 10^{-3}}\right)^2} = 7,61 \text{ MeV}$$

### ЗАДАЧА 3

Визначити товщину екрану для захисту від бета-випромінювання з максимальною енергією часток E<sub>m</sub>.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E <sub>m</sub> , пДж	0,032	0,5	0,31	0,1	0,6	0,4	0,09	1,0	0,25	0,75
матеріал екрану	алюміній	сталь	чавун	оргскло	свинець	алюміній	скло	свинець	алюміній	сталь

**Приклад.** Максимальна глибина проникнення бета-променів в матеріал  $d_m$ , м визначається наступними наближеними співвідношеннями:

для  $0,15 \text{ MeV} < E_m < 0,8 \text{ MeV}$

$$d_m = \frac{4,07E_m + 1,38}{\rho} \quad (10.2)$$

для  $0,8 \text{ MeV} < E_m < 3 \text{ MeV}$

$$d_m = \frac{5,42E_m - 1,33}{\rho} \quad (10.3)$$

для  $E_m > 3 \text{ MeV}$

$$d_m = 1,1 \frac{\sqrt{1 + 22,4 E_m^2 - 1}}{\rho}, \quad (10.4)$$

де  $E_m$  - максимальна енергія бета-частинок, MeV;  $\rho$  - густина матеріалу,  $\text{кг/м}^3$ .

Визначити товщину екрану з алюмінію для захисту від бета-частинок з енергією 500 кеВ. З формули (10.2) та додатку 7 маємо:

$$d_m = (4,07 \cdot 0,5 + 1,38) / 2710 = 0,0013 \text{ м} = 1,3 \text{ мм}$$

#### ЗАДАЧА 4

Визначити товщину екрану для захисту від гамма-випромінювання персоналу, що працює з гамма-джерелом протягом  $t$  годин в рік. Потужність експозиційної дози на робочому місці без екрану -  $W$ .

№вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t$ , год.	1000	2000	1500	500	800	1200	1300	700	1400	1100
$W$ , Р/год.	10	6	15	25	100	8,5	12	40	20	30
матеріал	бетон	цегла	чавун	сталь	свинець	бетон	чавун	свинець	сталь	свинець

**Примітка.** Використувати формулу (8.2)

#### ЗАДАЧА 5

У цеху підприємства розташовано джерело  $\gamma$ -випромінювання (рис. 10. 1). Визначити відстані до стін, що виходять на територію підприємства і на територію житлової забудови, при яких потужність експозиційної дози на поверхні стенів буде рівною допустимою, для двох випадків:

- а) вузький пучок;
- б) джерело випромінює на всі боки рівномірно.

Лінійний коефіцієнт ослаблення для повітря  $\mu=0,02$  1/м. Норма потужності експозиційної дози для стіни, що виходить на територію підприємства 300 мкР/год, на житлову територію - 10 мкР/год.

Ослаблення потужності експозиційної дози від джерела, випромінюючого на всі боки рівномірно, приблизно виражається формулою:

$$W = (W_0/r^2) \exp(-\mu r), \quad (10.5)$$

де  $W_0$  – потужність дози джерела,  $r$  – відстань до джерела.

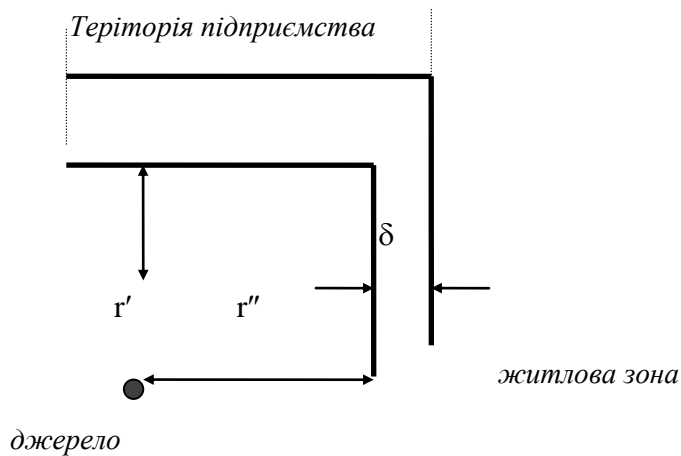


Рис. 10.1

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W_0, \text{Р/год}$	1	0,8	0,75	1,5	0,32	0,86	2	0,5	0,4	0,42
$\delta, \text{см}$	25	20	15	50	10	15	75	40	30	25
матеріал	бетон	бетон	бетон	цегла	цегла	бетон	бетон	цегла	цегла	цегла

### ЗАДАЧА 6

У приміщення розмірами  $a \times b$  і висотою 5 м виділяється радіоактивний газ або пара в кількості  $M$ . Визначити його концентрацію  $C$  через 12 годин після початку виділення. Розрахувати витрату

вентиляційного повітря для зменшення концентрації до допустимої  $C_d$  за  $\tau=0,5$  год. Об'єм приміщення -  $V$  м<sup>3</sup>. Витрата вентиляційного повітря, м<sup>3</sup>/год.:

$$G = M/C_d + (V/\tau)\ln C/C_d \quad (10.6)$$

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a$ , м	5	2	20	10	7,5	5	15	50	40	22
$b$ , м	10	5	20	10	10	15	30	68	40	34
Газ або пара	<sup>3</sup> H	<sup>36</sup> Cl	<sup>82</sup> Br	<sup>36</sup> Cl	<sup>129</sup> I	<sup>129</sup> I	<sup>82</sup> Br	<sup>3</sup> H	<sup>36</sup> Cl	<sup>3</sup> H
$M$ , мКі/год.	50	40	800	100	70	500	150	5000	1500	1000

### ЗАДАЧА 7

Перевірити на відповідність радіаційним нормам виробів з порцеляни.

№ варіанту	Маса виробу, г	Вміст радіонуклідів, мкг		
		<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
1	2500	0,05	3700	1300
2	940	0,003	23000	4750
3	1560	0,01	12300	3800
4	35	$10^{-4}$	1000	200
5	15	$5 \cdot 10^{-5}$	500	80
6	360	0,001	7200	1100
7	770	0,0025	15000	2500
8	430	0,0012	8100	1300
9	130	$3 \cdot 10^{-4}$	2700	950
10	170	$7 \cdot 10^{-4}$	3300	1000

### ЗАДАЧА 8

Перевірити будівельні матеріали на відповідність радіаційним нормам і визначити, як вони можуть застосовуватися.

№ вар.	Вміст радіонукліду, ppm		
	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
1	$10^{-5}$	10	1
2	$5 \cdot 10^{-6}$	20	1,5
3	$2 \cdot 10^{-5}$	25	5
4	$7 \cdot 10^{-5}$	90	18
5	$10^{-4}$	120	40
6	$3 \cdot 10^{-6}$	40	3
7	$9 \cdot 10^{-6}$	80	4
8	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1,5	2,5

9	$6 \cdot 10^{-5}$	110	24
10	$8 \cdot 10^{-5}$	80	150

### ЗАДАЧА 9

Визначити відповідність умов праці нормам радіаційної безпеки для персоналу, якщо знаходження робітників у робочій зоні складає 1700 годин на протязі року.

№ вар.	$E_{ext}$ , мкЗв/год.	$H_{lens}$ , мкЗв/год.	$H_{skin}$ , мкЗв/год.	$H_{extrim}$ , мкЗв/год.	$\Gamma^{inhal}$ , Бк/год.			
					$^{127}\text{I}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{235}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$
1	8	80	250	280	30	-	0,1	0,01
2	3,2	76	120	140	5	0,01	0,02	0,005
3	2	54	300	310	6	0,015	0,01	0,004
4	3	75	260	320	4,5	0,01	0,025	0,0043
5	7	60	200	240	15	0,03	0,12	0,03
6	4,5	90	120	170	4	0,012	0,03	0,003
7	6	56	114	220	10	0,001	0,001	0,001
8	3,4	84	240	255	3,5	0,005	0,01	-
9	6,5	42	95	115	14	0,002	0,003	0,001
10	2,4	71	210	250	2	0,04	0,05	0,002

### ЗАДАЧА 10

Знайти повну та питому активність радіонукліду.

№ вар.	радіонуклід	Маса, г
1	$^{226}\text{Ra}$	10
2	$^{232}\text{Th}$	200
3	$^{14}\text{C}$	150
4	$^{59}\text{Ni}$	80
5	$^{129}\text{I}$	350
6	$^{133}\text{Ba}$	5
7	$^{235}\text{U}$	80
8	$^{238}\text{Pu}$	50
9	$^{137}\text{Cs}$	12
10	$^{210}\text{Po}$	2

**Приклад.** Знайти масу урану-238, якщо його активність складає 10 000 Бк. Активність ізотопу А можна знайти за формулою, Кі:

$$A = 1,12 \cdot 10^{16} \frac{m}{MT}, \quad (10.8)$$

де  $m$  – маса ізотопу, кг;  $M$  – масове число;  $T$  – період напіврозпаду, с.

З додатку 1 маємо  $T = 4,468 \cdot 10^9$  років =  $1,41 \cdot 10^{17}$  с. 10 000 Бк складає  $10^4/3,7 \cdot 10^{10} = 2,7 \cdot 10^{-7}$  Кі. Маса ізотопу:

$$m = AMT/1,12 \cdot 10^{16} = 2,7 \cdot 10^{-7} \cdot 238 \cdot 1,41 \cdot 10^{17} / 1,12 \cdot 10^{16} = 0,809 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 0,809 \text{ г}$$

## ЗАДАЧА 11

Вміст радону-222 у питній воді складає А, Бк/кг. Через який час вміст радону буде відповідати вимогам радіаційної безпеки, якщо період напіврозпаду радону-222 – 3,8 діб?

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А, Бк/кг	430	500	1200	1350	4500	7000	9700	12000	15000	21000

**Приклад.** Активність радіонукліду складає  $10^{18}$  Бк. Знайти активність через  $\tau = 2$  роки, якщо період напіврозпаду  $T = 13$  діб. Активність змінюється з часом також, як і число атомів радіонукліду, у відповідності з законом радіоактивного розпаду:

$$A = A_0 2^{-\tau/T}, \quad (10.9)$$

де  $A_0$  – початкова активність.

У нашому випадку  $\tau = 2$  р. = 730 діб,  $A_0 = 10^{18}$  Бк. Маємо:

$$A = 10^{18} \cdot 2^{-730/13} = 12,5 \text{ Бк}$$

## 11 ПРИКЛАД ТЕСТУ

1. Міжнародний умовний знак радіаційної небезпеки:

- а) стилізована блискавка;
- б) трилисник;
- в) червоний трикутник.

2. **Аварія локальна** - це комунальна радіаційна аварія, якщо в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до:

- а) 10 000 чоловік; б) 1000 чоловік; в) 100 000 чоловік.

3. Активність радіонукліду:

- а)  $A = dm/dt$ ; б)  $A = dQ/dt$  в)  $A = dN/dt$

4. Гамма-випромінювання має довжину хвилі:

- а)  $< 10$  мм; б)  $< 0,1$  нм в)  $0,1 - 400$  нм

5. Значення радіаційного зважуючого фактору для альфа-випромінювання:

- а) 1, б) 10, в) 20.

6. Значення тканинного зважуючого фактору для шкіри:



а) 0,01, б) 0,1 в) 0,2

7. Одиниця активності у системі СІ:

а) Беккерель; б) Зіверт; в) Грей.

8. Одиниця еквівалентної дози у системі СІ:

а) Беккерель; б) Зіверт; в) Грей.

9. Ліміт річної ефективної дози для категорії А, мЗв:

а) 1; б) 2; в) 20

10. Ліміт річної ефективної дози для категорії Б, мЗв:

а) 1; б) 2; в) 20

## 12 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке іонізуюче випромінювання?
2. Що називається активністю радіонукліду?
3. Одиниця виміру активності та питомої активності.
4. Що таке експозиційна доза?
5. Що таке поглинена доза?
6. Що таке еквівалентна доза?
7. Що таке ефективна доза?
8. Дати визначення радіаційному зважуючому фактору.
9. Дати визначення тканинному зважуючому фактору.
10. Що таке рівень втручання?
11. Що таке рівень дій?
12. Охарактеризувати регламенти першої групи.
13. Охарактеризувати регламенти другої групи.
14. Охарактеризувати регламенти третьої групи.
15. Охарактеризувати регламенти четвертої групи.
16. Що таке ліміт дози?
17. Контроль надходження радіоактивних речовин і дози зовнішнього опромінення.
18. Категорії опромінених осіб.
19. Категорії пацієнтів при застосуванні іонізуючого випромінювання у медицині.
20. Екстрені контрзаходи.
21. Невідкладні контрзаходи.
22. Довгострокові контрзаходи.
23. Захист вагітних.
24. Обмеження активності природних радіонуклідів у будівельних матеріалах.
25. Обмеження активності природних радіонуклідів у питній воді.

## ДОДАТКИ

### Додаток 1

Допустимі рівні надходження радіонуклідів через органи дихання та допустимі концентрації у повітрі для категорії А

Радіонуклід	Період напіврозпаду	$ДН_A^{inhal}$ Бк/рік	$ДК_A^{inhal}$ Бк/м <sup>3</sup>
Тритій <sup>3</sup> H	12,35 р.	$2 \cdot 10^7$	9000
Вуглець <sup>14</sup> C	5730 р.	$8 \cdot 10^5$	400
Хлор <sup>36</sup> Cl	301 000 р.	$7 \cdot 10^5$	300
Калій <sup>43</sup> K	22,6 год.	$6 \cdot 10^7$	30 000
Нікель <sup>59</sup> Ni	75 000 р.	$10^7$	500
Бром <sup>82</sup> Br	35,3 год.	$8 \cdot 10^6$	400
Стронцій <sup>90</sup> Sr	29,12 р.	$3 \cdot 10^4$	10
Іод <sup>129</sup> I	$1,57 \cdot 10^7$ р.	$7 \cdot 10^4$	30
Барій <sup>135</sup> Ba	10,74 р.	400 000	200
Цезій <sup>137</sup> Cs	30 р.	$10^5$	60
Полоній <sup>210</sup> Po	138,4 доби	600	0,3
Радій <sup>226</sup> Ra	1600 р.	100	0,06
Торій <sup>232</sup> Th	$1,405 \cdot 10^{10}$ р.	60	0,03
Уран <sup>235</sup> U	$7,04 \cdot 10^8$ р.	400	0,2
Уран <sup>238</sup> U	$4,47 \cdot 10^9$ р.	500	0,2

### Додаток 2

- 1) Товщина захисного екрану, в мм, зі свинцю і бетону від прямого рентгенівського випромінювання.

$k_2$	U, кВ											
	100		125		150		200		250		300	
	Сви- нец	Бетон	Сви- нец	Бетон	Сви- нец	Бетон	Сви- нец	Бетон	Сви- нец	Бетон	Сви- нец	Бетон
0,001	–		0,5		0,5		1		1,5		1,5	
0,002	0,5	–	0,8	–	1	–	1,2	–	2,2	–	3	–
0,003												
0,005												
0,01	1	70	1,3	100	1,5	140	2,3	180	3,5	200	6	260
0,02	1,3	85	1,5	140	1,8	150	2,5	200	4	230	7,2	290
0,03		100										
0,05	1,5	120	1,7	150	2,3	200	3,5	270	5,8	300	11,5	370
0,1		130	1,8	160								
0,2	1,8	140	2									
0,3	2	160	2,3	180	2,8	230	4	310	7	350	13,5	410
0,5	2,2	170	2,5	200	3	250	4,5	320	7,5	370	14,5	430
1	2,5	180	2,8	220	3,2	270	5	350	8,5	400	16,5	460
2	2,8	200	3	240	3,5	290	5,5	380	9,5	430	18	490
3	2,9	210	3,3	260	4	310	5,8	390	10	440	19	500
5	3	220	3,5	300	4,3	340	6	400	10,5	460	20	520
10	3,3	240	3,8	320	4,5	360	6,5	430	11,5	490	21,5	560
20	3,4	250	4	340	4,8	400	7	460	12	520	23,5	600
30	3,5	260	4,2	350	5	410	7,5	470	13	540	24,5	610
50	3,8	270	4,5	360	5,3	420	7,8	480	13,5	570	25,5	620
100	4	300	4,8	380	5,5	430	8,2	500	14	580	27	650

2) Товщина захисного екрану, в мм, зі свинцю і бетону від розсіяного рентгенівського випромінювання.

$k_2$	$U, \text{кВ}$									
	100		150		200		250		300	
	Свинець	Бетон	Свинець	Бетон	Свинець	Бетон	Свинець	Бетон	Свинець	Бетон
0,01	0,1	20	0,1	30	0,2	40	0,3	50	0,6	70
0,02	0,2	35	0,3	45	0,5	65	0,8	75	1,2	95
0,03	0,4	45	0,5	55	0,8	90	1,2	100	2,3	120
0,05	0,5	55	0,8	80	1	120	1,5	125	3	145
0,1	0,7	65	1	100	1,4	140	2	150	4	170
0,2	0,9	80	1,2	120	1,8	170	2,7	180	5	200
0,3	1	85	1,3	130	2	180	3	190	5,5	210
0,5	1,2	100	1,5	140	2,2	190	3,5	210	6,3	220
1	1,4	120	1,8	160	2,6	220	4,2	230	7,5	250
2	1,6	130	2	185	3	250	5	260	9	280
5	1,8	150	2,3	210	3,6	280	5,8	290	10,5	210
10	2,1	170	2,6	230	4,1	300	6,5	320	12	340
20	2,3	180	2,9	260	4,6	340	7,3	360	13,5	380
50	2,5	200	3,2	280	5,1	370	8	390	15	410
100	2,8	220	3,5	310	5,6	390	8,8	420	17	440

Додаток 3

Густина деяких матеріалів

Матеріал	$\rho, \text{кг/м}^3$
Алюміній	2710
Бетон	2000
Оргскло	1180
Залізобетон	2200
Свинець	11 340
Сталь	7850
Цегла силікатна	1900
Цегла червона	1700

Додаток 4

Лінійний коефіцієнт ослаблення гама-випромінювання ( $E - 1,9 \text{ MeV}$ )

Матеріал	Цегла	Бетон	Чавун	Сталь	Свинець
$M, \text{м}^{-1}$	7	12	30	34	53

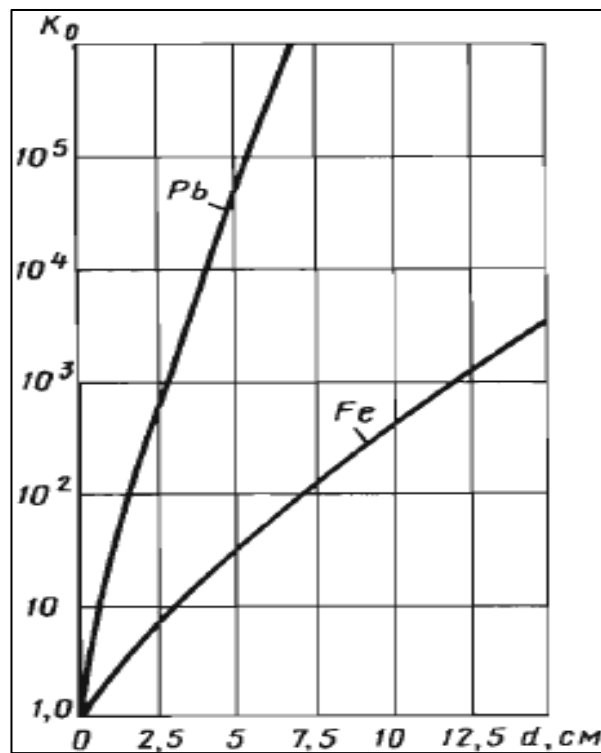
Додаток 5

Питома активність радіонуклідів

Радіонуклід	Активність, Кі/г	Бк/кг
$^{87}\text{Rb}$	$8,5 \cdot 10^{-8}$	$3,15 \cdot 10^6$
$^{232}\text{Th}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$4,1 \cdot 10^6$
$^{235}\text{U}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$7,8 \cdot 10^7$
$^{40}\text{K}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^8$
$^{239}\text{Pu}$	$6,1 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{12}$
$^{226}\text{Ra}$	1	$3,7 \cdot 10^{13}$
$^{14}\text{C}$	4,6	$1,7 \cdot 10^{14}$
$^{137}\text{Cs}$	87	$3,2 \cdot 10^{15}$
$^{90}\text{Sr}$	145	$5,4 \cdot 10^{15}$
$^{60}\text{Co}$	$1,1 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^{16}$
$^{137}\text{I}$	$1,2 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^{18}$

Додаток 6

Номограма для визначення товщини екрану для захисту від прямого гамма-випромінювання



$K_0$  – необхідне ослаблення потужності ефекивної дози випромінювання;  $d$  – товщина екрану

