

Лабораторна робота №5.

Тема: Методи вимірювання і розрахунку доз зовнішнього опромінення.

Мета заняття: навчитися вимірювати та розраховувати зовнішнє випромінювання від різних джерел.

Теоретичні питання

1. Засоби вимірювання опромінення.
2. Зовнішнє опромінення від космічного випромінювання.
3. Зовнішнє опромінення від випромінювання природних радіонуклідів.
4. Зовнішнє опромінення від випромінювання радіонуклідів, що знаходяться у повітрі.
5. Зовнішнє опромінення від випромінювання радіонуклідів, що осіли на підстилаючу поверхню.

Теоретичні відомості

Для розрахунку та оцінки поглиненої, еквівалентної та ефективної дози при зовнішньому опроміненні від випромінювання радіонуклідів, що знаходяться у повітрі, необхідно знати інтегральну концентрацію (об'ємну питому активність) кожного радіонукліду в приземному шарі повітря (Бк х с/м³):

$$A_{\text{int}}^i = \int_0^t A_v^i(t) dt \quad \text{або} \quad A_{\text{int}}^i = A_v^i \cdot t \quad \text{при} \quad A_v^i = \text{Const}$$

Де A_v^i – об'ємна питома активність і-го радіонукліду в повітрі (Бк/м³);
t – час опромінення (с).

Можна оцінити інтегральну концентрацію і-го радіонукліду в приземному шарі повітря (A_{int}^i) на основі вимірювань збільшення щільності забруднення ним території (ΔA_s^i) – приріст поверхневої питомої активності, Бк/м²) за рахунок проходження радіоактивної хмари:

$$A_{\text{int}}^i = \Delta A_s^i / v^i$$

Де v^i – швидкість осадження радіонукліду в атмосфері (м/с), яка для сухого осадження аерозолів зазвичай становить близько 0,01 м/с.

Середня концентрація і-го радіонукліду в приземному шарі повітря (A_v^i) за рахунок його вторинного вітрового підйому з поверхні ґрунту розраховується на основі

щільності забруднення і-м радіонуклідом прилеглої території (A_s^i – поверхнева питома активність, Бк/м²):

$$A_v^i = A_s^i \cdot R^i$$

де R^i – коефіцієнт вітрового підйому (коефіцієнт ресуспензії, дефляції), 1/м.

Інтегральна концентрація і-го радіонукліду в повітрі (A_{int}^i), обумовлена його вторинним вітровим підйомом, оцінюється як добуток середньої концентрації (A_v^i) і часу t :

$$A_{int}^i = A_s^i \cdot t$$

Знаючи інтегральну концентрацію і-го радіонукліду в повітрі (A_{int}^i) чи його середню концентрацію, можна оцінити еквівалентну дозу або її потужність на зовнішній поверхні незахищеного тіла від напівбезкінечної хмари:

$$H_T^i = A_{int}^i \cdot B_{v\gamma(\beta,\alpha)}^i \text{ або } dH_T^i/dt = A_v^i \cdot B_{v\gamma(\beta,\alpha)}^i,$$

Де $B_{v\gamma(\beta,\alpha)}^i$ – дозовий коефіцієнт, який дорівнює потужності еквівалентної дози на зовнішній поверхні незахищеного тіла від $\gamma(\beta,\alpha)$ – випромінювання напівбезкінечної хмари і-го радіонукліду при його одиничній (1 Бк/м³) концентрації в повітрі, (Зв х м³)/(с х Бк). В табл. 4. наведені дозові коефіцієнти для розрахунку зовнішнього опромінення від хмари для найбільш радіологічно значимих радіонуклідів.

Нуклід	$B_{v\gamma}^i, (Зв \cdot м^3)/(с \cdot Бк)$	Нуклід	$B_{v\gamma}^i, (Зв \cdot м^3)/(с \cdot Бк)$
Радіоактивні благородні гази			
⁴¹ Ar	$8.67 \cdot 10^{-14}$	^{131m} Xe	$1.18 \cdot 10^{-15}$
^{83m} Kr	$1.06 \cdot 10^{-14}$	^{133m} Xe	$2.78 \cdot 10^{-15}$
⁸⁵ Kr	$1.51 \cdot 10^{-16}$	¹³³ Xe	$3.24 \cdot 10^{-15}$
⁸⁷ Kr	$5.24 \cdot 10^{-14}$	^{135m} Xe	$2.86 \cdot 10^{-14}$
⁸⁸ Kr	$1.37 \cdot 10^{-13}$	¹³⁵ Xe	$1.65 \cdot 10^{-14}$
⁸⁹ Kr	$1.39 \cdot 10^{-13}$	¹³⁷ Xe	$1.25 \cdot 10^{-14}$
⁹⁰ Kr	$1.22 \cdot 10^{-13}$	¹³⁸ Xe	$7.24 \cdot 10^{-13}$
Радіоактивні аерозолі			
⁶⁰ Co	$1.69 \cdot 10^{-13}$	¹³¹ I	$2.57 \cdot 10^{-14}$
⁶⁵ Zn	$3.93 \cdot 10^{-14}$	¹³³ I	$4.00 \cdot 10^{-14}$
⁹⁵ Zr	$4.97 \cdot 10^{-14}$	¹³⁴ Cs	$1.05 \cdot 10^{-13}$
⁹⁵ Nb	$5.16 \cdot 10^{-14}$	¹³⁷ Cs/ ^{137m} Ba	$3.81 \cdot 10^{-14}$
⁹⁹ Mo/ ^{99m} Tc	$1.87 \cdot 10^{-14}$	¹⁴⁰ Ba	$1.19 \cdot 10^{-14}$
¹⁰⁵ Ru/ ^{105m} Rh	$3.33 \cdot 10^{-14}$	¹⁴⁰ La	$1.54 \cdot 10^{-13}$
¹⁰⁶ Ru/ ¹⁰⁶ Rh	$1.37 \cdot 10^{-14}$	¹⁴¹ Ce	$5.20 \cdot 10^{-15}$
¹³² Te/ ¹³² I	$1.72 \cdot 10^{-13}$	¹⁴⁴ Ce/ ¹⁴⁴ Pr	$3.29 \cdot 10^{-15}$

Табл.1. Дозовий коефіцієнт B_{vy}^i , який дорівнює потужності еквівалентної дози на зовнішній поверхні незахищеного тіла від фотонного випромінювання напівбезкінечної хмари i -го радіонукліду при концентрації 1 Бк/м^3 (за М.Г. Гусєв, В.О. Беляєв, 1991).

При цьому потужність еквівалентної дози на висоті 1 м від поверхневого забруднення ґрунту гамма-випромінюючими радіонуклідами буде складати:

$$dH_T^i/dt = A_s^i \cdot B_{sy}^i$$

Де B_{sy}^i – дозовий коефіцієнт (табл. 5), який дорівнює потужності еквівалентної дози на висоті 1 м від «свіжого» поверхневого забруднення ґрунту величиною 1 Бк/м^2 i -м гамма-випромінюючим радіонуклідом, $(\text{Зв} \times \text{м}^2)/(\text{с} \times \text{Бк})$;

A_s^i щільність забруднення території i -м радіонуклідом (поверхнева питома активність), Бк/м^2

Перехід від поглиненої $P_{\text{abs}, v}$ $P_{\text{abs}, v}$ (або еквівалентної, H_v) дози фотонного випромінювання в повітрі від плоского джерела (ґрунту) до ефективної дози зовнішнього рівномірного опромінення тіла людини здійснюється шляхом множення на коефіцієнт (k^{ext}):

$$E = H_v (P_{\text{abs}, v}) \cdot k^{\text{ext}}$$

де $k^{\text{ext}} = 0.9$ для дітей молодше 7 років, $k^{\text{ext}} = 0.8$ для молоді 8 – 17 років та $k^{\text{ext}} = 0.77$ для дорослих. В практиці використовується зважений по всіх вікових групах середній коефіцієнт 0.79 .