

УДК 539.12 + 539.14

**ВЗАЄМОДІЯ МОНОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЕЛЕКТРОНІВ
В БІОЛОГІЧНИМИ ТКАНИНАМИ**

Войтович В.

Лопушанський Я.Й., канд. фіз.-мат. наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Заряджена частинка проходить у речовині деяку відстань, перш ніж вона втратить всю свою кінетичну енергію. Чисельне значення проникливої здатності відповідає пробігу частинки. Пробігом частинки називають довжину траєкторії (треку), якою рухається частинка у речовині з моменту входження у речовину до повної стабілізації.

Розрізняють середній лінійний пробіг частинки і середній масовий пробіги частинки.

Середній лінійний пробіг частинки R – величина, яка характеризує глибину проникнення зарядженої частинки в речовину. Середній лінійний пробіг частинки вимірюється в одиницях довжини (м, см, мкм).

Середній масовий пробіг частинки R_m – добуток середнього лінійного пробігу R зарядженої йонізуючої частинки в даній речовині на густину цієї речовини ρ :

$$R_m = R \cdot \rho.$$

Середній масовий пробіг частинки вимірюється у г/см^2 .

Максимальний пробіг моноенергетичних електронів – мінімальна товщина шару речовини, за якої жоден електрон, що падає нормально на шар, не вилітає із нього. Ефективний (естрапольований, практичний) пробіг моноенергетичних електронів у речовині визначається точкою перетину екстрапольованої лінійної ділянки кривої із віссю абсцис [2].

Ефективний пробіг $R_m(\text{г/см}^2)$ моноенергетичних електронів у діапазоні від 0,3 кеВ до 30 МеВ для матеріалів із атомними номерами від 6 до 82 за нормального падіння можна визначити за формулою [1]:

$$R_m = a_1 \left(\frac{1}{a_2} \ln(1 + a_2 \alpha_0) - \frac{a_3 \alpha_0}{1 + a_4 \alpha_0^{a_5}} \right),$$

$$\text{де } \alpha_0 = E_0/(m_0 c^2); a_1 = \frac{0,2335 A}{Z^{1,209}}; a_2 = 1,78 \cdot 10^{-4} Z; a_3 = 0,9891 - 3,01 \cdot 10^{-4} Z;$$

$$a_4 = 1,468 - 1,180 \cdot 10^{-2} Z; a_5 = \frac{1,232}{Z^{0,109}}.$$

Тут E_0 – енергія електрона, МеВ; $m_0 c^2 = 0,511$ МеВ – енергія спокою електрона; A – атомна маса, Z – атомний номер.

При визначенні ефективного атомного номеру і ефективною атомною маси біологічної тканини переважно враховують тільки вклад елементів з масовими частками $w > 0,002$. У цьому випадку значення $Z_{\text{еф}} = 7$; $A_{\text{еф}} = 14$ [2].

У даній статті враховано вклад мікроелементів з меншими масовими частками ($w \leq 0,002$). Тоді отримуємо для м'язової тканини $Z_{\text{еф}} = 7,7148$; $A_{\text{еф}} = 15,4724$; для кісткової тканини $Z_{\text{еф}} = 11,8598$; $A_{\text{еф}} = 23,6113$.

У статті досліджено залежність ефективного пробігу R_m електронів у біологічній тканині (м'язовій і кістковій) від енергії E у діапазоні 1-10 МеВ. Хімічний склад м'язової і кісткової тканин наведено у таблиці 1. Ефективний атомний номер і ефективну атомну масу біологічної тканини визначаємо за формулами [3]:

$$Z_{\text{еф}} = 2,94 \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i Z_i^{2,94}} ;$$

$$A_{\text{еф}} = \frac{Z_{\text{еф}}}{(Z/A)_{\text{еф}}} = \frac{2,94 \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i Z_i^{2,94}}}{2,94 \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (Z_i / A_i)^{2,94}}} .$$

Таблиця 1

Елемент	Біологічна тканина		Елемент	Біологічна тканина	
	м'язова	кісткова		м'язова	кісткова
${}^1_1\text{H}$	0,1	0,064	${}^{31}_{15}\text{P}$	0,0002	0,07
${}^{12}_6\text{C}$	0,11	0,278	${}^{32}_{16}\text{S}$	0,0024	0,002
${}^{14}_7\text{N}$	0,026	0,027	${}^{35}_{17}\text{Cl}$	0,0018	
${}^{16}_8\text{O}$	0,75	0,41	${}^{39}_{19}\text{K}$	0,003	-
${}^{23}_{11}\text{Na}$	0,00016	-	${}^{40}_{20}\text{Ca}$	0,00003	0,147
${}^{24}_{12}\text{Mg}$	0,00019	0,0002	${}^{64}_{29}\text{Cu}$	0,00018	-

На основі даних таблиці 1, значень $Z_{\text{еф}}$ і $A_{\text{еф}}$, обчислених з урахуванням всіх мікроелементів, досліджено залежність пробігу моноенергетичних електронів R_m від енергії E частинок у діапазоні 1-10 МеВ. Результати досліджень представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

E, MeV	$R_m, \text{г/см}^2$ у біологічній тканині	
	м'язовій	кістковій
1	0,4370	0,3885
2	1,0107	0,8844
3	1,5872	1,4175
4	2,1849	1,9533
5	2,9691	2,4684
6	3,3454	2,9927
7	3,9307	3,5177
8	4,5149	4,0405
9	5,0980	4,5616
10	5,6797	5,0811

Література

1. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений: Справочник - 4-е изд., перераб. и доп. – Энергоатомиздат, 1995. - 496 с.
2. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. - 4-е изд., перераб. и доп. – Энергоатомиздат, 1990. - 252 с.
3. Effective atomic number (EAN). www.britannica.com/.../effective-atomic-numb.

УДК 517.912

ДЕЯКІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ У ЦИВІЛЬНОМУ ЗАХИСТІ

Гарасим'юк І.М.

Трусевич О.М., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Базисом для будь-яких наукових досліджень є математика. Як відомо, математика – це «цариця всіх наук». Розглянемо питання застосування вищої математики у цивільному захисті. Метою цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій є забезпечення гарантованого захисту життя і здоров'я людей, земельного, водного і повітряного простору, об'єктів виробничого і соціального призначення. Тому, щоб дати відповідь про застосування математики у цивільному захисті дослідимо сфери діяльності, які вивчає цивільний захист. В [1] вказано перелік робіт в яких цивільний захист бере участь:

- 1) проведення робіт щодо життєзабезпечення постраждалих;
- 2) здійснення заходів з мінімізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних із технологічними терористичними проявами та іншими видами терористичної діяльності під час проведення антитерористичних операцій;
- 3) в діяльності міжнародних організацій з питань, що належать до компетенції Державної служби України з надзвичайних ситуацій;
- 4) проведення заходів щодо евакуації населення;
- 5) робота комісій з розслідування причин виникнення надзвичайних ситуацій у суб'єктах господарювання і на територіях, що нею обслуговуються;
- 6) підготовка працівників підприємств, установ та організацій і населення до дій в умовах надзвичайних ситуацій;
- 7) здійснення заходів контролю за готовністю об'єктів і територій, що нею обслуговуються, до проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.