

## ЗАДАЧА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ, ПОГЛОЩЕННОЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

### Краткие теоретические сведения

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биообъектов при воздействии на них ионизирующих излучений (ИИ), зависят, прежде всего, от величины поглощенной энергии излучения (дозы излучения).

*Доза излучения* – это количество поглощенной энергии излучения от ионизации, произведенной в рассматриваемой массе вещества. Доза излучения характеризует меру воздействия ИИ и его возможные последствия.

В зависимости от местонахождения источника облучения различают внешнее и внутреннее облучение. *Внешнее облучение* происходит от источника излучения, находящегося вне облучаемого объекта. *Внутреннее облучение* происходит, если источник находится внутри облучаемого объекта.

Источники излучения могут быть как точечными, так и распределенными на поверхности, в объеме или в массе вещества. Для установления закономерностей распространения и поглощения ИИ в среде, в том числе и в биологической ткани, введены характеристики – дозы и мощности доз излучения.

*Экспозиционная доза* ( $X$ ) – рассматривается только для воздуха и только для рентгеновского и гамма-излучения, характеризует состояние радиационной обстановки на местности или в помещениях. Это количественная величина этих излучений с энергией до 3 МэВ, основанная на их ионизирующем действии, выраженная как отношение суммарного заряда всех ионов одного знака  $dQ$ , возникающего при полном торможении электронов и позитронов, которые были образованы фотонами в элементарном объеме воздуха, к массе  $dm$  воздуха в этом объеме:

$$X = \frac{dQ}{dm}. \quad (2.1)$$

Единицей измерения экспозиционной дозы в СИ является *кулон/кг*, внесистемная единица – *рентген*.  $1 \text{ р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ ;  $1 \text{ Кл/кг} = 3,876 \cdot 10^3 \text{ р}$ .

*Поглощенная доза* ( $D$ ) – отношение средней энергии ионизирующего излучения  $dE$ , поглощенной элементарным объемом облучаемого вещества к массе  $dm$  этого вещества:

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (2.2)$$

В СИ поглощенная доза измеряется в *Греях* (Гр).  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Внесистемная единица – *рад*;  $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$ .

Эквивалентная доза  $H_{TR}$  – это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент ( $W_R$ ) для данного вида излучения  $R$ :

$$H_{TR} = D_{TR} \cdot W_R, \quad (2.3)$$

где  $D_{TR}$  – доза, поглощенная биологической тканью излучением  $R$ .

Взвешивающий коэффициент  $W_R$  учитывает относительную эффективность различных видов излучения в инициировании различных биологических эффектов. Единица измерения в системе СИ – Зиверт (Зв), внесистемная – бэр (биологический эквивалент рада).

Мощность дозы излучения – отношение приращения соответствующей дозы за малый промежуток времени к его длительности.

### УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К НЕЙ:

Рассчитать дозы внешнего фотонного излучения (экспозиционную, поглощенную и эквивалентную) от точечного источника Cs-137, активностью  $A$  (мКи), которая равна номеру варианта (порядковый номер по списку группы) на расстоянии 1 м от источника, если работа с источником проводилась в течение 30 суток по 6 часов ежедневно.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ

1. Экспозиционная доза ( $X$ ) в рентгенах (р) определяется по формуле:

$$X = \tilde{X} \cdot t, \quad (2.4)$$

где  $t$  – время облучения, ч;

$\tilde{X}$  – мощность экспозиционной дозы, р/ч.

$$\tilde{X} = \frac{A \cdot \Gamma_\gamma}{R^2}, \quad (2.5)$$

где  $A$  – активность источника излучения (равна номеру варианта), мКи;

$\Gamma_\gamma$  – гамма-постоянная радионуклида,  $\frac{\text{р} \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{мКи}}$  (таблица 2.1);

$R$  – расстояние от источника излучения до объекта, см.

Таблица 2.1

### Значения гамма- постоянной ( $\Gamma_\gamma$ ) для различных радионуклидов

Радионуклид	$^{235}\text{U}$	$^{24}\text{Na}$	$^{60}\text{Co}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{64}\text{Cu}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{131}\text{I}$	$^{59}\text{Fe}$	$^{41}\text{Ar}$
$\Gamma_\gamma$ ; $\left( \frac{\text{р} \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{мКи}} \right)$	0,74	19,0	12,9	8,25	14,1	1,16	3,24	8,72	5,07	2,16	8,1	6,58

2. Поглощенная доза в радах (рад):

- в воздухе ( $D_{TR}^B$ ) по известной экспозиционной дозе определяется:

$$D_{TR}^B = X \cdot K_D^B, \quad (2.6)$$

где  $K_D^B$  – дозовый коэффициент для воздуха, равный 0,88 рад/р;

- в организме человека, т.е. в биологической ткани ( $D_{TR}^{б.т}$ ) определяется  
а) в радах (рад)

$$D_{TR}^{б.т} = X \cdot K_D^{б.т} \quad (2.7)$$

б) в Греях (Гр)

$$D_{TR}^{б.т} = 0,01 \cdot X \cdot K_D^{б.т}, \quad (2.8)$$

где 0,01 – коэффициент, согласующий размерности (1 рад = 0,01 Гр)

$K_D^{б.т}$  – дозовый коэффициент для биологической ткани, который равен 0,96 рад/р;

3. Эквивалентная доза ( $H_{TR}$ ) в организме человека от внутреннего фотонного излучения рассчитывается по формуле:

$$H_{TR} = W_R \cdot D_{TR}^{б.т}, \quad (2.9)$$

где  $D_{TR}^{б.т}$  – поглощенная доза в организме человека, Гр;

$W_R$  – взвешивающий коэффициент фотонного излучения, Зв/Гр (табл. 1.4).

Таблица 1.4

#### Значения взвешивающих коэффициентов излучения

Вид излучения	$W_R$
Фотоны любых энергий	1
Электроны любых энергий, $\beta$ -излучение	1
Нейтроны $E < 10$ кэВ	5
$E = 10 \div 100$ кэВ	10
$E = 100$ кэВ $\div 2$ МэВ	20
$E = 2 \div 20$ МэВ	10
$E > 20$ МэВ	5
Протоны с энергией $> 2$ МэВ	5
$\alpha$ -частицы, осколки деления, ядра отдачи	20

## **ОТЧЕТ**

о выполнении задачи по теме  
«Расчет и оценка экспозиционной, поглощенной  
и эквивалентной доз ионизирующего излучения»

студента \_\_\_\_\_ учебной группы \_\_\_\_\_

Вариант № \_\_\_\_\_

<b>Определяемые параметры</b>	<b>Результат, единицы измерения</b>	<b>Оценка</b>
1. Мощность экспозиционной дозы		
2. Экспозиционная доза		
3. Поглощенная доза в воздухе		
4. Поглощенная доза в биологической ткани	1.  2.	
5. Эквивалентная доза в организме		