

## ОСНОВНИ ВЕЛИЧИНИ И ЕДИНИЦИ В РАДИАЦИОННАТА ЗАЩИТА

При взаимодействието на йонизиращите лъчения с веществото настъпват промени във веществото, наричани *радиационни ефекти*. Те зависят от енергията, която лъчението предава на веществото. Радиационните ефекти в биологичните тъкани, т.нар. радиобиологични ефекти, са в основата на радиационната защита. Величините, характеризиращи радиационните ефекти, се наричат *дозиметрични величини*.

**Погълната доза (доза),  $D$** , е основната дозиметрична величина. Дефинира се като отношението на средната предадена енергия от йонизиращото лъчение в елементарен обем от облъчваното вещество, към масата на веществото в този обем. Измерва се в *грей* (Gy) – 1 Gy е предадена енергия 1 Джаул (J) на маса от веществото 1 kg. Стара, извънсистемна единица е *рад* (rd), 1 rd = 0,01 Gy. Погълнатата доза може да се измери и/или пресметне за всеки вид лъчение и за всяко облъчвано вещество.

За оценка на радиационния ефект на рентгеновите и гама-лъчите във въздух се използва величината **експозиция,  $X$**  – това е отношението на сумата от електричните заряди на всички йони с еднакъв знак, получени при определени условия в малък обем въздух при облъчване с рентгенови и гама-лъчи, към масата на въздуха в този обем. Единицата за експозиция е кулон на килограм ( $C.kg^{-1}$ ), но по-известна е старата единица рентген (R),  $1 R = 2,58.10^{-4} C.kg^{-1}$ . Рентген е първата единица за обективна оценка на радиационното въздействие, въведена от МКРЗ през 1928 г.

Радиационният ефект зависи не само от погълнатата доза, но и от продължителността на облъчването. Оценката на този факт се прави с величината **мощност на дозата**, дефинирана като отношение на нарастването на дозата за малък интервал от време и големината на този интервал. Тази величина се измерва в *грей за секунда* ( $Gy.s^{-1}$ ). Радиобиологичният ефект е по-голям при по-голяма мощност на дозата, защото радиационно индуцираните изменения в биологичните тъкани са в противоборство с репаративните процеси.

Радиобиологичният ефект зависи от средната погълната доза в органа (тъканта), наричана **органна или тъканна доза,  $D_T$** . Тя се определя като отношение на средната предадена енергия от лъчението на органа (тъканта), към масата на органа (тъканта).

Радиобиологичният ефект зависи и от вида и енергията на йонизиращото лъчение. За отчитане на тази зависимост е въведен факторът  $w_R$ , наречен **радиационен тегловен фактор**. Стойностите на  $w_R$ , въведени от МКРЗ през 2007 г. са представени в таблица 3.

**Таблица 3. Стойности на радиационния тегловен фактор  $w_R$**

Вид лъчение и енергия	$w_R$
Фотони с каквато и да е енергия	1
Електрони и мюони с каквато и да е енергия (освен електрони на Оже, изпуснати от радионуклиди, включени в ДНК)	1
Неутрони с енергии:	
<10 keV	2,5
>10 keV – 100 keV	10
> 100 keV - 2 MeV	20
> 2 MeV – 50 MeV	10
> 50 MeV	2.5
Протони, освен обратно разсеяни протони с енергия > 2 MeV	2
Алфа-частици, фрагменти на делене, тежки ядра	20

За отчитане зависимостта на радиобиологичния ефект както от погълнатата доза в органа (тъканта), така и от вида на йонизиращото лъчение, е дефинирана величината **еквивалентна доза**,  $H$ . Тя е равна на произведението на органната (тъканната)  $D_T$  и радиационния тегловен фактор  $w_R$ , като при облъчване с лъчения от различен вид  $R$ , произведенията за всяко от тях се сумират:

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R} = w_{R_1} D_1 + w_{R_2} D_2 + w_{R_3} D_3 + \dots$$

Еквивалентната доза се измерва в *сиверт* (Sv). За лъченията, които имат радиационен тегловен фактор, равен на 1 (фотони, бета-лъчи, ускорени електрони), еквивалентната доза в Sv в органа или тъканта е числено равна на погълнатата доза в Gy. При една и съща погълната доза, еквивалентната доза е толкова по-голяма, колкото по-голям е радиационният тегловен фактор. Например, при органна доза 1 Gy, еквивалентната доза за гама-лъчи е 1 Sv, докато за алфа-лъчи тя е 20 Sv.

Радиационният риск при облъчване с еквивалентна доза до около 200 mSv е свързан с възможни късни *стохастични ефекти*, които ще бъдат разгледани по-късно. Освен от еквивалентната доза, вероятността за стохастичните ефекти зависи още и от лъчечувствителността на облъчваната тъкан. В случаите, когато облъчването с йонизиращи лъчения е хетерогенно, т.е. отделните органи и тъкани получават различна еквивалентна доза, радиационният риск се оценява чрез величината **ефективна доза**  $E$ . Тя се дефинира

като сума за всички облъчвани органи от произведенията на *тъканния тегловен фактор*  $w_T$  и еквивалентната доза за всеки орган  $H_T$ :

$$E = \sum_T w_T H_T$$

Тъканният тегловен фактор  $w_T$  отчита относителния принос на отделния орган или тъкан в общото лъчево увреждане, осреднено за двата пола и за различни възрасти, еквивалентно на увреждането при хомогенно облъчване на цялото тяло. Ефективната доза се измерва също в *сиверт* (Sv). Стойностите на тъканните тегловни фактори, дадени в основните препоръки на МКРЗ от 2007 г. са представени в таблица 4.

**Таблица 4. Стойности на тъканния тегловен фактор  $w_T$**

$w_T = 0,12$	$w_T = 0,08$	$w_T = 0,04$	$w_T = 0,01$
червен к. мозък млечни жлези дебело черво бели дробове стомах 13 останали органи	гонади	пикочен мехур черен дроб хранопровод щитовидна жлеза	кожа повърхност на костите мозък слюнчести жлези

За оценка на обществената вреда при облъчване на определена група от населението се използва величината **колективна доза**,  $S$  – това е сумата от индивидуалните дози, получени от всеки индивид в дадена група, наброяваща  $N$  индивиди. Колективната доза може да бъде колективна еквивалентна доза:

$$S = H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_N,$$

или колективна ефективна доза:

$$S = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_N.$$

Колективната доза се измерва в човеко-сиверт (man.Sv).

В таблица 5 са обобщени основните дозиметрични величини, използвани в радиационната защита, и единиците за всяка от тях.

**Таблица 5. Основни дозиметрични величини в радиационната защита**

Величина	Озна- чение	Единица	Приложение
Погълната доза	$D$	Gy (грей)	Универсална величина – за всяко лъчение и за всяко вещество
Експозиция	$X$	C.kg <sup>-1</sup> (кулон на килограм)	За оценка на йонизиращото действие на фотонно лъчение във въздух
Мощност на дозата Мощност на експозицията	$P_D$ $P_X$	Gy.s <sup>-1</sup> (грей за секунда) C.kg <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> (кулон на килограм за секунда)	За оценка на скоростта на натрупване на дозата (експозицията) във времето
Еквивалентна доза	$H$	Sv (сиверт)	За оценка на зависимостта на радиобиологичния ефект от дозата и от вида на лъчението
Ефективна доза	$E$	Sv (сиверт)	За оценка на стохастичните радиобиологични ефекти при нехомогенно облъчване на тялото
Колективна еквивалентна доза Колективна ефективна доза	$S_H$ $S_E$	man.Sv (човеко-сиверт) man.Sv (човеко-сиверт)	За оценка на колективния риск при облъчване на група лица