

2.2.3 Эффективная доза

Влияние облучения носит неравномерный характер. Каждый орган и ткань не только по-разному реагирует на поглощенную ими дозу облучения, но и оказывает различное влияние на работу организма в целом. Для учета этих особенностей в практической дозиметрии используется понятие эффективной дозы. Эффективная (эквивалентная) ожидаемая доза учитывает суммарную радиоактивность поступающих в организм радионуклидов с учетом их периода полураспада и периода полувыведения из организма. Эффективная доза - величина, используемая как мера риска возникновения последствий, в т.ч. и отдаленных, облучения всего тела человека или отдельных его органов с учетом их радиочувствительности.

Замечание. Понятие эффективной эквивалентной дозы было введено для оценки ущерба здоровью человека за счет различного характера влияния облучения на разные органы (в условиях равномерного облучения всего тела). Применяется, в частности, для оценки возможных стохастических эффектов – злокачественных образований.

Доза эффективная (E) - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E = \sum_T W_T * H_T,$$

где H_T - эквивалентная доза в органе или ткани T , а W_T - взвешивающий коэффициент для органа или ткани T , т.е. множитель эквивалентной дозы в органах и тканях, используемый в радиационной защите для учёта различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации – «коэффициент радиационного риска».

На практике понятие эквивалентной дозы применяют лишь для характеристики радиационных воздействий в малых дозах (не более 5 годовых ПДД для профессионалов).

Единица эффективной дозы - зиверт (Зв).

Одинаковой величине эквивалентной дозы соответствует одинаковая радиационная опасность, которой подвергается человек при воздействии на него любого вида излучения. Эквивалентная доза в 5 бэр в год считается предельно допустимой дозой (ПДД) при профессиональном облучении.

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы (W_T) - множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации.

Табл.11. Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы

Ткань или орган	W_T	Ткань или орган	W_T
Гонады (яичники, семенники)	0.20	Печень	0.05
Красный костный мозг	0.12	Пищевод	0.05
Толстый кишечник	0.12	Щитовидная железа	0.05
Легкие	0.12	Кожа	0.01
Желудок	0.12	Клетки костных поверхностей	0.01
Мочевой пузырь	0.05	Остальные органы	0.05
Молочные железы	0.05		

* При "Остальное" включает надпочечники, головной мозг, экстраторакальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех исключительных случаях, когда один из перечисленных органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов или тканей, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу или ткани взвешивающий коэффициент, равный 0,025, а оставшимся органам или тканям из рубрики "Остальное" приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

Для организма в целом коэффициент $W_T=1$.

Для оценки полной эффективной эквивалентной дозы, полученной человеком, рассчитывают и суммируют указанные дозы для всех органов.

Единица измерения эффективной дозы - Дж·кг⁻¹, название – **зиверт** (Зв).

Мощность дозы – доза излучения (поглощенная, эквивалентная, эффективная) за единицу времени:

$$D^* = \frac{dD}{dt} \quad (Гр * c^{-1}); \quad H^* = \frac{dH_{T,R}}{dt} \quad (Зв * c^{-1}); \quad E^* = \frac{dE}{dt} \quad (Зв * c^{-1}), \quad K^* = dK/dt$$

Доза эквивалентная, $H_T(\tau)$, или эффективная, $E(\tau)$, ожидаемая при внутреннем облучении - доза за время τ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм:

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} H_T(t) dt$$

$$E(\tau) = \sum W_T * H(\tau),$$

где t_0 - момент поступления, а $H_T(t)$ - мощность эквивалентной дозы к моменту времени t в органе или ткани T .

Когда τ не определено, то его следует принять равным 50 годам для взрослых и $(70-t_0)$ - для детей.

Доза эффективная (эквивалентная) годовая - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

Для оценки ущерба здоровью персонала и населения от стохастических эффектов, вызванных действием ионизирующих излучений, используют коллективную эффективную эквивалентную дозу (меру коллективного риска).

Коллективная эффективная доза - сумма индивидуальных H_i , эффективных доз у данной группы людей:

$$S = \sum H_i * P_i,$$

где P_i - число лиц в данной группе, получивших эффективную дозу H_i .

Может быть определена также так:

$$S_E = \int_0^{\infty} H_E P(H) d H_E$$

где $P(H) d H_E$ - число лиц в данной группе, получивших эффективную дозу в диапазоне дозы от H_E до $H_E + d H_E$.

Единица эффективной коллективной дозы - человеко-зиверт (чел.-Зв).

При оценке поражения групп населения используется показатель человеко-зиверт. Дозы, полученные населением, измеряются в человеко-греях и человеко-зивертах - в зависимости от того, измеряется ли накопление энергии или биологический ущерб.