С.В. Осовец

ФАКТОР МОЩНОСТИ ДОЗЫ В ОЦЕНКЕ И МОДЕЛИРОВАНИИ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ВНЕШНЕМ ОБЛУЧЕНИИ

S.V. Osovets

Dose Rate Factor in Assessment and Simulation of Deterministic Effects of External Exposure

РЕФЕРАТ

Цель: Теоретическое развитие и практическое приложение обобщенной зависимости D_{50} от мощности дозы для оценки и моделирования некоторых детерминированных эффектов при внешнем облучении.

Результаты: Получена обобщенная зависимость:

$$D_{50} = \left(D_{50}^{*} - \theta_{\infty}\right)\left(P^{*} / P\right)^{\beta} + \theta_{\infty},$$

где D_{50} – медианная доза (обобщенное выражение), которая представляет собой медианную летальную дозу (LD_{50}), если изучаются летальные эффекты, и медианную эффективную дозу, если рассматриваются нелетальные детерминированные эффекты; P – мощность дозы; P^{*}, D_{50}^{*} – пороговые значения мощности дозы и медианной дозы (координаты пороговой точки); β и θ_{∞} – параметры модели.

Введено понятие "потенциал восстановления" (U) в облучаемой биологической системе: $U = \left(P^{*} / P\right)^{\beta}$, (при $P \to \infty$, $U \to 0$, а при $P = P^{*}$, $U = 1$). Показано, что на уровне значимости 0,05 процессы восстановления в облучаемой биологической системе при разных мощностях доз происходят в диапазоне от P^{*} до $20P^{*}$. В качестве примеров практического применения модели "D_{50} – мощность дозы" для оценки детерминированных эффектов при внешнем облучении использовали данные о зависимости эритемной реакции кожи человека при местном облучении от мощности дозы рентгеновского излучения (рассчитанные значения параметров: $\beta \approx 1$; θ_{∞} = 548 Р; D_{50}^{*} = 1612 Р; P^{*} = 3,5 Р/мин) и данные о гамма-облучении ^{60}Co мышей с мощностями дозы в диапазоне от 0,62 до 42,16 Р/мин (рассчитанные значения параметров: $\beta \approx 1$; θ_{∞} = 2094 Р; D_{50}^{*} = 2094 Р; P^{*} = 0,2 Р/мин). Установлена связь обобщенной модели "D_{50} – мощность дозы" с радиационными рисками детерминированных эффектов, рассчитываемых на основе распределения Вейбулла.

Выводы: Полученные в настоящей работе математические зависимости могут быть использованы для оценки фактора мощности дозы при моделировании детерминированных эффектов внешнего облучения в дальнейшем развитии теории радиационных рисков, в том числе и при других видах облучения организма человека и животных. Эти соотношения, по-видимому, будут также полезны и найдут практическое применение в области радиологии и радиационной безопасности.

Ключевые слова: *детерминированные эффекты, медианная эффективная доза, медианная летальная доза, мощность дозы, потенциал восстановления, пороговая точка, риск радиационного поражения*

ABSTRACT

Purpose: Theoretical development and practical application of a generalized ratio of D_{50} – dose rate to assessment and simulation of some deterministic effects of external exposure.

Results: The following generalized dependence is derived

$$D_{50} = \left(D_{50}^{*} - \theta_{\infty}\right)\left(P^{*} / P\right)^{\beta} + \theta_{\infty},$$

where D_{50} is median dose (generalized expression), which represents median lethal dose (LD_{50}) if lethal effects are studied, and median effective dose if non-lethal deterministic effects are investigated; P is dose rate; P^{*}, D_{50}^{*} are threshold values of dose rate and median dose (coordinates of the threshold point); β and θ_{∞} are model parameters.

A notion of recovery potential (U) in the exposed biological system is introduced: $U = \left(P^{*} / P\right)^{\beta}$, (with $P \to \infty$, $U \to 0$, and with $P = P^{*}$, $U = 1$). It is demonstrated that recovery processes for different dose rates in the considered biological system are ranged from P^{*} to $20P^{*}$ at a significance level of 0.05. As the practical application example of the D_{50} – dose rate model to assessment of deterministic effects of external exposure, data from studies on the erythematic human skin response after local radiation injury to X-rays dose rate (calculated parameter values: $\beta \approx 1$; θ_{∞} = 548 R; D_{50}^{*} = 1612 R; P^{*} = 3.5 R/min), and data on the mice exposure to ^{60}Co γ–rays dose rates ranging from 0.62 to 42.16 R/min (calculated parameter values: $\beta \approx 1$; θ_{∞} = 2094 R; D_{50}^{*} = 2094 R; P^{*} = 0,2 R/min) were used. A ratio of the generalized model of D_{50} – dose rate to radiation deterministic effects risks is established, based upon the Weibull distribution.

Conclusion: Mathematical ratios derived in the present study for assessment of the external exposure dose rate factor in deterministic effect simulation are applcable in the further development of radiation risk concepts and other types of human and animal irradiation. In addition, these relationships will be useful and practically applicable in the area of radiology and radiation safety.

Key words: *deterministic effects, median effective dose, median lethal dose, dose rate, recovery potential, threshold point, radiation lesion risks*