

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Hubbell, E. Hayward, W. Fitus. Phys. Rev., 108, 1361 (1957).
2. Е. Л. Столярова и др. В сб. «Приборы и методы анализа излучений». Вып. 3. М., Госатомиздат, 1962, стр. 15.
3. А. В. Ларичев, Л. Ф. Климанова, Там же, стр. 37.
4. А. В. Ларичев. Вопросы физики защиты реакторов. М., Госатомиздат, 1963.
5. А. В. Ларичев, В. И. Митин. В сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений». Вып. 2. М., Госатомиздат, 1963, стр. 47.

6. G. White. Canad. J. Phys., 33, 96 (1955).
7. Ю. А. Казанский, С. П. Белов. «Физика деления атомных ядер». Приложение 1 к журналу «Атомная энергия». М., Атомиздат, 1957, стр. 123.
8. Ю. А. Казанский. «Атомная энергия», 8, 432 (1960).
9. Ю. А. Казанский, С. П. Белов, Е. С. Магусевич. «Атомная энергия», 5, 457 (1958).
10. А. В. Ларичев, В. В. Ларичева. В сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений». Вып. 1. М., Госатомиздат, 1962, стр. 150.

УДК 539.125.52

Угловые распределения доз нейтронов вблизи границы земля — воздух

И. В. Горячев

В работе [1] на основании анализа расчетных данных, полученных методом Монте-Карло, показано, что функция углового распределения доз нейтронов от точечного изотропного источника деления в бесконечной воздушной среде на расстояниях, превышающих по крайней мере длину свободного пробега, может быть описана уравнением

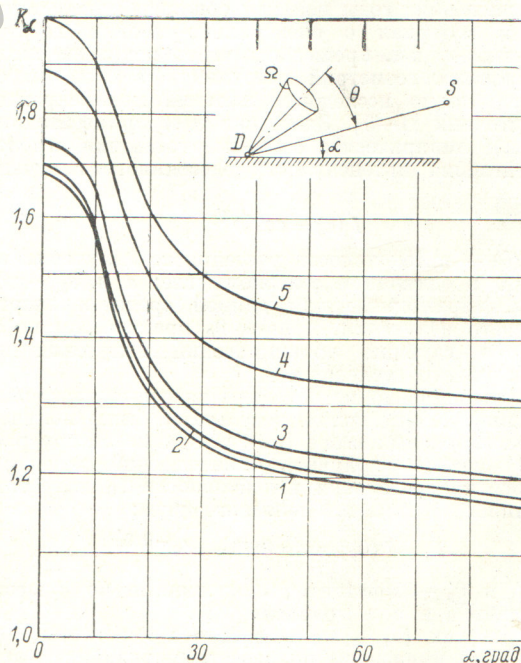
$$F(\Omega, \Theta) = 0,033 + 0,4045e^{-0,03345\Theta}, \quad (1)$$

где $F(\Omega, \Theta)$ — доля полной дозы нейтронов в данной точке пространства, приходящих в единицу телесного угла Ω с направления, характеризуемого углом рассеяния Θ , который отсчитывается от линии, соединяющей источник с детектором. Таким образом, соблюдается условие

$$2\pi \int_0^\pi \sin \Theta F(\Omega, \Theta) d\Theta = 1. \quad (2)$$

Эта зависимость хорошо согласуется с экспериментальными данными работы [2], в которой исследовались угловые распределения доз нейтронов при ядерных взрывах в воздухе. Качественное совпадение результатов приведенных работ указывает на идентичность формы углового распределения нейтронов точечного изотропного источника деления в бесконечной воздушной среде и вблизи границы раздела земля — воздух. Этот вывод был также подтвержден теоретически и экспериментально в работе [3] при измерениях на реакторе TSR-II, поднятом над поверхностью земли. Однако, хотя функция углового распределения дозы нейтронов от точечного изотропного источника деления в бесконечной воздушной среде [1], когда детектор регистрирует излучение в 4π -геометрии, и совпадает по форме с функцией углового распределения нейтронов вблизи границы раздела земля — воздух, когда детектор регистрирует нейтроны, приходящие только из верхнего полупространства (если пренебречь явлением отражения нейтронов от земли), т. е. в 2π -геометрии, числовые значения свободного члена и предэкспоненциального множителя в уравнении (1) будут другими. Очевидно, когда источник и детектор находятся на границе зем-

ля — воздух, значения указанных выше коэффициентов будут вдвое превышать значения, полученные по уравнению (1) для бесконечной воздушной среды, если в первом приближении считать землю абсолютно черной средой. При других положениях источника относительно детектора и поверхности земли, характеризующих углом α между направлением детектор — источник и поверхностью земли, эти коэффициенты



Зависимость коэффициента K_α от угла α для поверхности земли различного состава:

1 — грунты (H 1,24%; O 52,38%; Al 7,85%; Si 38,53%); 2 — грунты (H 1,45%; O 55,23%; Al 7,32%; Si 36,0%); 3 — грунты (H 2,24%; O 57,36%; Al 7,08%; Si 33,32%); 4 — вода; 5 — абсолютно черная поверхность.

будут иметь какие-то промежуточные значения. Поэтому можно записать

$$F(\Omega, \theta, \alpha) = K_{\alpha}(0,033 + 0,4045e^{-0,03345\theta}). \quad (3)$$

Рассмотрим сначала гипотетический случай абсолютно черной поверхности земли. Интегрирование уравнения (3) по верхнему полупространству может быть выполнено следующим образом:

$$2K_{\alpha} \left[\pi \int_0^{\alpha} \sin \theta (0,033 + 0,4045e^{-0,03345\theta}) d\theta + \int_{\alpha}^{\pi-\alpha} \sin \theta \left(\pi - \arccos \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \theta} \right) \times (0,033 + 0,4045e^{-0,03345\theta}) d\theta \right]. \quad (4)$$

По определению функции углового распределения этот интеграл должен быть равным единице. Отсюда легко найти значения коэффициентов K_{α} для любых углов α . Вычисленные таким образом величины коэффициентов K_{α} для абсолютно черной поверхности земли показаны на рисунке.

Влияние альbedo нейтронов от поверхности земли можно учесть, используя результаты работы [4], где показано, что интегральное дозовое альbedo нейтронов источника деления в воздухе от поверхности земли описывается выражением

$$A(\beta) = 0,435 \frac{\Sigma_r - \Sigma_H}{\Sigma_r} \cos^2 \beta, \quad (5)$$

где Σ_r и Σ_H — полные макроскопические нейтронные сечения грунта и водорода, содержащегося в данном грунте; β — угол падения нейтронов на поверхность земли, отсчитываемый от нормали.

Поскольку часть интегральной дозы в детекторе, расположенном вблизи поверхности земли, создается нейтронами, отраженными от земли, значения коэффициентов K_{α} в уравнении (3) будут иными, чем при абсолютно черной земле. Они могут быть найдены из уравнения

$$\iint [1 + A(\beta)] K_{\alpha}(0,033 + 0,4045e^{-0,03345\theta}) d\theta d\phi = 1, \quad (6)$$

интегрирование которого осуществляется по верхнему полупространству. Рассчитанные по этому уравнению величины коэффициентов K_{α} для грунта различной влажности, характеризующейся содержанием водорода, и для воды приведены на рисунке.

В заключение заметим, что угловое распределение дозы нейтронов, отраженных от земли, описывается, согласно работе [4], косинусоидальным законом.

Поступило в Редакцию 15/I 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. French. Health Phys., 8, 299 (1962).
2. R. Ritchie, G. Hurst. Health Phys., 1, 390 (1959).
3. M. Wells. Trans. ANS, 6, 436 (1963).
4. R. French, M. Wells. Nucl. Sci. Engng, 19, 444 (1964).

УДК 621.039.58:539.121.73

Спектральное распределение в приземной атмосфере γ -лучей точечного источника Co^{60} , экранированного слоем алюминия

В. А. Ионоу

Поле γ -лучей в приземной атмосфере исследовалось во многих работах. Доза и распределение интенсивности по углам от точечного источника получены в работах [1, 2]. Однако спектральные и спектрально-угловые функции были рассчитаны только для протяженных источников [3, 4]; соответствующие функции для точечных источников излучения в условиях свободного поглотителя еще не получены.

В настоящей работе описаны результаты эксперимента, выполненного по схеме, приведенной на рис. 1. Эксперимент проведен на территории высотной мачты Института прикладной геофизики. Сцинтилляционный счетчик с кристаллом NaJ (Tl) размером 80×60 мм устанавливался на горизонтальных рейках длиной 6 м, выдвигаемых с рабочих площадок башни. Источник Co^{60} активностью порядка 3 г-экв Ra с помощью транспортного устройства перемещался вместе с алюминиевым экраном площадью 2×2 м². Расстояние между источником и поверхностью земли составляло 15 см. Измерения энергетических спектров проведены для высоты H , равной 50 и 100 м, при удалении источника L 25, 50, 100, 150 и 200 м и толщине поглощающего слоя d 0; 1; 2; 4; 8 и 12 см.

Импульсы сцинтилляционного счетчика алюминия анализировались прибором АИ-100-1. Энергетическое

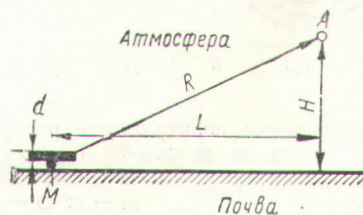


Рис. 1. Схема геометрии эксперимента: M — источник Co^{60} ; A — изотропный детектор; d — толщина алюминиевого экрана; L — удаление источника от оси мачты; H — высота детектора над землей; R — расстояние между детектором и источником.

разрешение спектрометра по линии Cs^{137} составляло 12,5%. Полученные спектрограммы обрабатывались на комптоновское распределение с помощью числовой