

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Казанский. «Атомная энергия», 8, 432 (1960).
2. А. В. Ларичев. «Атомная энергия», 11, 443 (1961).
3. Л. М. Ширкин. «Атомная энергия», 17, 509 (1964).
4. Г. Гольдштейн. Основы защиты реакторов. М., Госатомиздат, 1961.
5. А. В. Ларичев, В. И. Митин. В сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений». Вып. 2. М., Госатомиздат, 1963, стр. 47.

УДК 539.122:539.121.7.2

## Угловое распределение $\gamma$ -лучей от точечного источника, рассеянных в защите

А. В. Ларичев

Максимальная толщина барьера была равна 7 длинам свободного пробега. Усредненное значение  $\theta_0 = 15,4^\circ$ . На рис. 2 приведена энергетическая зависимость константы углового распределения в свинце. Полученные результаты подтверждают выводы, сделанные в работах [2, 5]:

- 1) константа углового распределения  $\theta_0$  слабо зависит от толщины барьера (вплоть до  $\mu_0 x \approx 15$ );
- 2) для  $\gamma$ -квантов с энергией  $E_0 > 2 Mэв$  константы углового распределения для различных материалов и энергий незначительно отличаются друг от друга.

Поступило в Редакцию 9/XII 1964 г.

Известно, что наиболее подробное задание поля рассеянного излучения возможно с помощью его спектрально-угловых характеристик, так называемых угловых энергетических (или спектрально-угловых) распределений. Зная спектрально-угловые характеристики рассеянного излучения, можно сравнительно просто подойти к решению многих практических задач о поле излучения за защитными средами даже при сложных граничных условиях.

За последние годы получен обширный экспериментальный материал о спектрально-угловых характеристиках  $\gamma$ -лучей, прошедших через защитные среды. Из основных геометрических источников в этом смысле наиболее полно исследован плоский мононаправленный источник [1—5]. Здесь наиболее примечательной оказалась эмпирическая закономерность для углового распределения интенсивности рассеянного излучения вида

$$I(\theta) = a e^{-\theta/\theta_0}, \quad (1)$$

где  $I(\theta)$  — интенсивность рассеянного излучения под углом  $\theta$  в единичном телесном угле;  $a$  и  $\theta_0$  — константы, характерные для данной среды и энергии падающего излучения, причем  $\theta_0$  практически не зависит от глубины проникновения излучения при прочих равных условиях.

Менее подробно исследованы точечные изотропные источники, хотя первые результаты были получены раньше описанных выше [6—9]. Однако автору работы [8] удалось получить эмпирический закон для углового распределения интенсивности  $I_\theta$  излучения, рассеянного в элемент телесного угла:

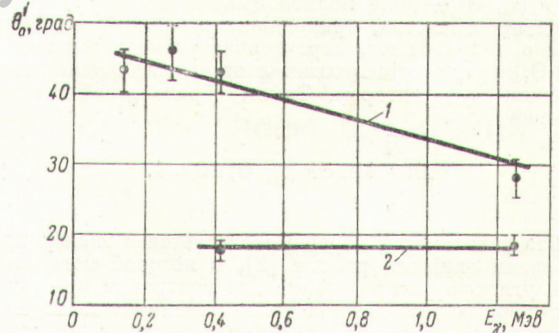
$$I_\theta = I(\theta) 2\pi \sin \theta d\theta = a' e^{-\theta/\theta'_0}, \quad (2)$$

где  $a'$  и  $\theta'_0$  — константы, аналогичные по существу величинам  $a$  и  $\theta_0$  в уравнении (1).

В работах [5, 8] показано, что константы  $a$  ( $a'$ ) могут быть вычислены по известным величинам энергетических факторов накопления  $B_E$  и констант  $\theta_0$  ( $\theta'_0$ ). Так как к настоящему времени имеется довольно много данных по факторам накопления  $B_E$ , то для вычисления значений  $I(\theta)$  или  $I_\theta$  по уравнениям (1) и (2) необходимо знать зависимость констант  $\theta_0$  и  $\theta'_0$  от атомного номера  $Z$  среды и от энергии  $E_\gamma$  падаю-

щих  $\gamma$ -лучей. В работе [5] приводятся данные по константам  $\theta_0$  для свинца, железа и алюминия в диапазоне энергий 0,145—2,76 Мэв, а в работах [8, 9] — данные по константам  $\theta'_0$  для источника  $Co^{60}$  в воде, железе и свинце и для источника  $Au^{198}$  в железе.

В настоящей работе была предпринята попытка пополнить данные по константам  $\theta'_0$ . Измерения угловых энергетических распределений проводились на сцинтилляционном спектрометре с кристаллом NaJ



Значения констант  $\theta'_0$ , вычисленные по экспериментальным данным:  
1 — алюминий; 2 — свинец.

по методике, описанной в работе [3]. Аппаратурные спектры были преобразованы в искомые  $\gamma$ -спектры с помощью инверсной матрицы функции чувствительности спектрометра [10]. В пределах углов рассеяния 10—70° был подтвержден закон вида (2) для  $\gamma$ -лучей  $Ce^{141}$  (0,145 Мэв),  $Hg^{203}$  (0,28 Мэв),  $Au^{198}$  (0,411 Мэв) и  $Co^{60}$  (средняя энергия 1,25 Мэв) в алюминии и для  $\gamma$ -лучей  $Au^{198}$  и  $Co^{60}$  в свинце. Величина  $\theta'_0$  для  $\gamma$ -лучей  $Co^{60}$  в свинце совпала в пределах ошибок с соответствующей величиной работы [9]. Результаты вычисления констант  $\theta'_0$  по экспериментальным данным приведены на рисунке.

Поступило в Редакцию 21/XII 1964 г.

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. Whyte. 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. Матусевич. «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

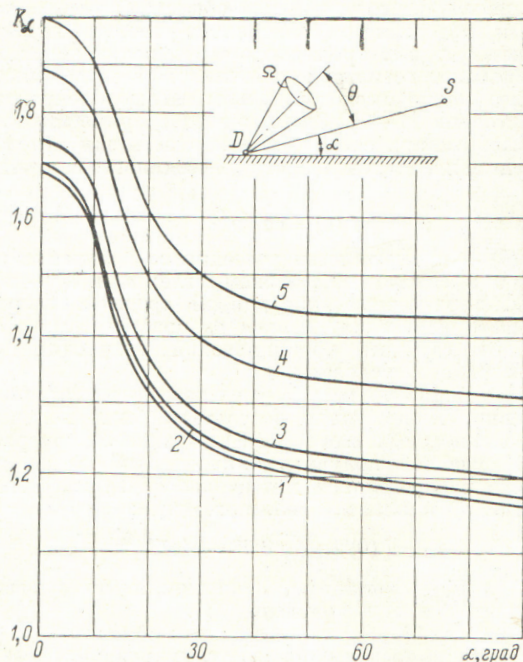
$$F(\Omega, \Theta) = 0,033 + 0,4045e^{-0,03345\Theta}, \quad (1)$$

где  $F(\Omega, \Theta)$  — доля полной дозы нейтронов в данной точке пространства, приходящих в единицу телесного угла с направления, характеризуемого углом рассеяния  $\Theta$ , 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 4 $\pi$ -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 2 $\pi$ -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, характеризующихся углом  $\alpha$  между направлением детектор — источник и поверхностью земли, эти коэффициенты



Зависимость коэффициента  $K_\alpha$  от угла  $\alpha$  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.