

Рис. 2. Зависимость $E\theta_{1/2}$ от толщины мишени [4].

0,04 рад, что приблизительно соответствует среднеквадратичному углу многократного рассеяния в мишени. Интенсивность в конусе с половинным углом φ для различных энергий падающего пучка вычислялась путем умножения правой части выражения (1) на множитель $\pi\varphi^2$. Рассчитанные таким образом абсолютные интенсивности тормозного излучения J_φ из мишени толщиной 0,25 рад. ед. в зависимости от энергии и отношение J_θ/J_φ для пучка мощностью 0,1 кет приведены на рис. 3. Средние значения коэффициентов $k(E, t)$, приближенно определенные с помощью кривой $(\varphi/\theta)^2$ из этой зависимости, для энергий 33, 25 и 15 Мэв равны соответственно 0,22; 0,2 и 0,16.

Сочетание толстостенной ионизационной камеры и сцинтилляционного спектрометра для исследования тормозного излучения электронных ускорителей целесообразно и удобно для многих практических случаев. Метод может быть рекомендован для анализа параметров пучков тормозного излучения при настройке и эксплуатации ускорителей, для экспериментальной проверки качества защиты, а также для использования

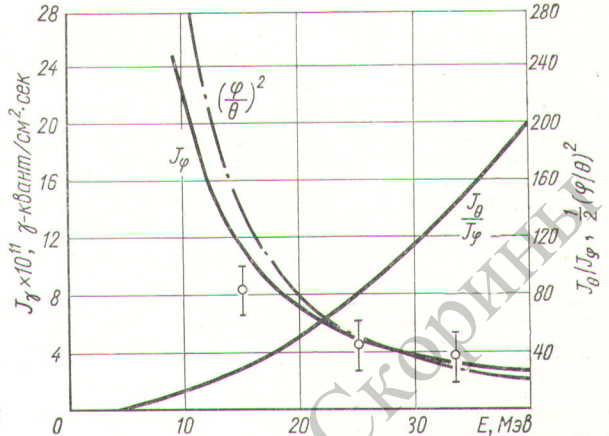


Рис. 3. К определению абсолютной интенсивности тормозного излучения [с использованием выражения (1) и рис. 2]:

○ — экспериментальные значения для энергий 33; 25 и 15 Мэв.

в прикладных работах с пучками тормозного излучения, например в радиационной дефектоскопии.

Поступило в Редакцию 27/X 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Череватенко. В сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений». Вып. 2. М., Госатомиздат, 1963, стр. 116.
2. Г. А. Череватенко, А. В. Ларичев. В сб. «Вопросы дозиметрии и защиты от излучений». Вып. 1. М., Госатомиздат, 1962, стр. 125.
3. L. Schiff. Phys. Rev., 83, 52 (1951); 70, 7 (1946).
4. G. Harigel, S. Kulenkampf. Z. Phys., 14, 55 (1962); Naturwissenschaften, 21, 45 (1958).

Гамма-поле изотропного источника Co^{60} , погруженного в воду, вблизи границы раздела вода — воздух

Н. Ф. АНДРИУШИН, В. В. АСТАХОВ, Б. П. БУЛАТОВ, А. В. КУЗНЕЦОВ

УДК 539.122; 539.121.72

При решении многих задач прикладной дозиметрии необходимо оценивать плотность потока энергии γ -излучения от радиоактивных источников, погруженных в ту или иную среду, например грунт или воду. Эта необходимость возникает, в частности, при проектировании хранилищ и могильников, γ -каротажных работах, проведении промышленных подземных ядерных взрывов и т. д. В последнем случае, как показывает опыт США (испытания на полигоне в шт. Невада), некоторая часть радиоактивных продуктов взрыва поднимается по трещинам к поверхности земли, образуя мощный заглубленный источник γ -излучения, поле которого изучено недостаточно.

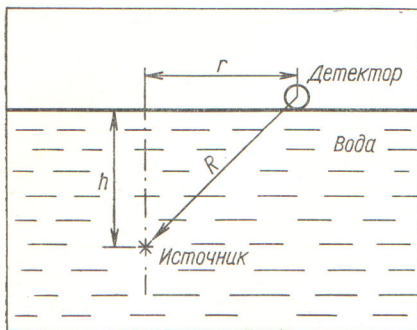
В настоящей работе экспериментальным путем исследовалась плотность потока энергии γ -излучения на разных расстояниях от изотропного источника Co^{60} , погруженного в воду.

Схема опыта показана на рис. 1. Источник Co^{60} мощностью $6,2 \pm 0,2$ кюри перемещался по высоте внутри толстостенной алюминиевой трубки, установленной вер-

тикально в водоеме глубиной 1,5 м на расстоянии 5 м от берега. Детекторы (газоразрядные счетчики СБМ-10, СТС-5 и СТС-6 со специальными чехлами, выравнивающими их спектральные характеристики [1, 2]) вместе с блоком БГС устанавливались на пенопластовый плотик толщиной 80 мм и перемещались вдоль поверхности воды параллельно берегу. Блок БГС соединялся с пересчетным устройством ПС-20 коаксиальным кабелем длиной 50 м. Ошибка измерений составляла $\pm 10\%$.

На рис. 2 приведены натуральные логарифмы плотности потока энергии γ -излучения в зависимости от расстояния между проекцией источника на границу раздела вода — воздух и детектором при различных глубинах h . Как видно из графиков, кривые состоят из двух ветвей, имеющих экспоненциальный характер. Аналитически зависимость плотности потока энергии J от расстояния r можно представить выражением вида

$$J = Ae^{-k_1 r} + Be^{-k_2 r},$$



Р и с. 1. Схема эксперимента.

где k_1 и k_2 — эмпирические константы, значения которых приведены в таблице.

Из таблицы следует, что если k_2 очень мало изменяется с увеличением глубины, на которой находится источник, то k_1 при погружении источника с 1 до $6\mu_0 h$ изменяется почти в пять раз.

Значение эмпирических констант, $см^{-1}$

Глубина $\mu_0 h$	k_1	k_2
1,14	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$0,77 \cdot 10^{-3}$
2,84	$1,23 \cdot 10^{-3}$	$1,11 \cdot 10^{-3}$
5,05	$21 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-3}$
6,06	$38 \cdot 10^{-3}$	$1,03 \cdot 10^{-3}$

Такой характер зависимости плотности потока энергии γ -излучения от r можно объяснить, если предположить, что регистрируемое детектором излучение состоит из трех основных компонентов: первичного излучения, прошедшего сквозь толщу воды без взаимодействия с веществом, и излучений, рассеянных в воде и воздухе. На близких расстояниях от эпицентра источника основной вклад в интенсивность излучения вносят два первых компонента. По мере удаления детектора от эпицентра вследствие увеличения пути, проходимого первичным излучением в воде, его количество быстро убывает, и интенсивность в месте детектирования начинает определяться γ -квантами первичного и вторичного излучений, вышедших из воды и рассеянных воздухом. Так, например, радиус зоны на поверхности воды, из которой выходит в воздух основное количество излучения, определенный из выражения

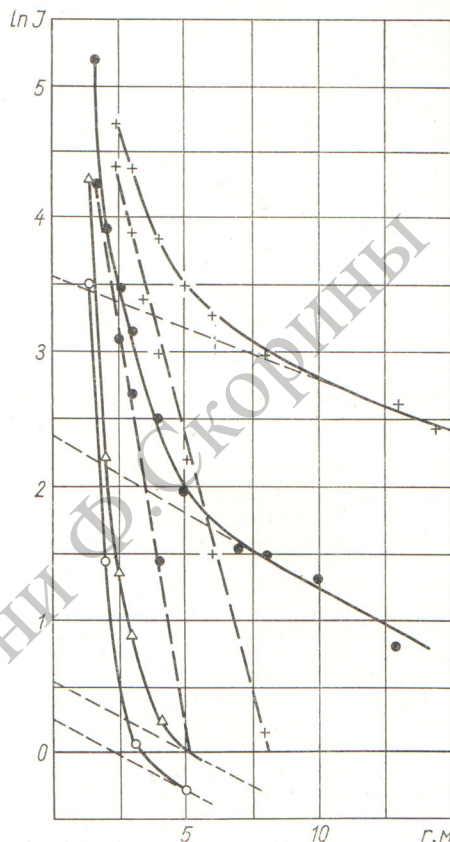
$$\int_0^{r_h} Ae^{-k_1 r} 2\pi r dr / \int_0^{\infty} Ae^{-k_1 r} 2\pi r dr = e^{-1},$$

для $h = 45$ см составил всего 106 см, т. е. излучение как бы сосредоточено внутри конуса с вершиной в месте, где находится источник, и углом при вершине $\sim 67^\circ$.

С увеличением глубины h , на которой находится источник, зависимость интенсивности первичного и рассеянного в воде излучений от r становится более сильной, а характер изменения третьего компонента в зависимости от расстояния практически не меняется. Снижается лишь абсолютная величина плотности потока энергии рассеянного излучения вследствие уменьшения количества γ -излучения, выходящего из воды

Р и с. 2. Зависимость логарифма интенсивности γ -излучения от r для различных глубин погружения источника Co^{60} в воду, см:

+ — 18; ● — 45; △ — 80; ○ — 96 (пунктирные линии характеризуют интенсивность излучения, рассеянного только в воде или воздухе).



в воздух. С точностью $\pm 20\%$ это уменьшение соответствует закону $e^{-0,042 \cdot h}$.

Расстояния от эпицентра r_0 , на которых интенсивности излучений, выходящего из воды и рассеянного в воздухе, становятся равными, определяются

$$Ae^{-k_1 r_0} = Be^{-k_2 r_0}$$

и для h , равных 18, 45, 80 и 96 см, составляют 3,8; 3,5; 2,8 и 2,3 м соответственно, т. е. фактически на расстоянии выше 3–4 м от эпицентра заглубленного источника плотность потока энергии γ -излучения определяется в основном рассеянием в воздухе.

Результаты работы позволяют получить достаточно простое эмпирическое выражение для оценки [с точностью $\pm (25-30\%)$] плотности потока энергии γ -излучения, рассеянного в воздухе, вблизи источника Co^{60} активностью Q кюри, находящегося в воде. Для глубин 10–100 см это выражение имеет вид

$$J = 66 \cdot Qe^{-0,042h} e^{-0,001r} M_{\text{вв}} / \text{см}^2 \cdot \text{сек},$$

где h и r выражены в сантиметрах.

При работе с мощными источниками γ -излучения, выходящее из воды и рассеиваемое воздухом, может создавать достаточно высокие уровни излучения на значительных расстояниях и должно обязательно учитываться в расчетах.

Поступило в Редакцию 1/X 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. П. Булатов. «Атомная энергия», 6, 332 (1959).
2. А. М. Панченко. Там же, 14, 408 (1963).