

2. Р. Смит. Полупроводники. М., Изд-во иностр. лит., 1962.
3. В. С. Вавилов. Действие излучений на полупроводники. М., Физматгиз, 1963.
4. В. А. Харченко, С. П. Соловьев. Неорганические материалы в элементах микроэлектроники. Материалы научно-технической конференции. М., Изд. ин-та «Электроника», 1968, стр. 42.

5. В. Прайс. Регистрация ядерного излучения. М., Изд-во иностр. лит., 1960.

Эффективность спектрометра излучений человека при неоднородном распределении изотопа в источнике

С. Ю. ПАВЛОВ, В. С. ЮЗГИН

УДК 539.1.076.3:539.122.164;539.12.08

По результатам измерений с помощью спектрометра излучений человека (СИЧ) можно рассчитать количество инкорпорированного радиоактивного изотопа и дозу внутреннего облучения критического органа или всего тела человека. Для таких расчетов необходимо знать эффективность или фотоэффективность регистрации γ -излучения детекторами используемого спектрометра. Эти величины существенно зависят от характера распределения γ -излучателя в теле человека. Многие радиоактивные изотопы распределены в теле неоднородно, локализуясь в тех или иных органах, например нерастворимые аэрозоли Co^{60} — в легких, I^{131} — в щитовидной железе, Po^{210} — в селезенке и т. д.

Для первых двух случаев неоднородного распределения радиоактивных изотопов в организме методом Монте-Карло была рассчитана фотоэффективность и эффективность СИЧ. При составлении алгоритма решения этой задачи использовали известные принципы метода Монте-Карло. Однако реализация их на ЭЦВМ М-20 потребовала минимизации логической схемы вычислений для того, чтобы использовать только оперативную память машины и получить приемлемые времена расчета вариантов.

В первом случае рассматривался изотоп Co^{60} (энергия квантов $E_{\gamma} = 1,17$ и $1,33$ Мэв, $\bar{E}_{\gamma} = 1,25$ Мэв), равномерно распределенный в грудной части фантома, имитирующего «стандартного» человека весом 70 кг [1]. Этот случай интересен потому, что при ремонтных работах на контуре первичного теплоносителя реактора в легкие работника вместе с вдыхаемым воздухом попадают аэрозоли, содержащие Co^{60} , который образуется в конструкционных материалах по реакциям $Co^{59}(n, \gamma)Co^{60}$ или $Ni^{60}(n, p)Co^{60}$. На рис. 1, а представлены результаты расчетов фотоэффективности и эффективности детектора с кристаллом NaI ($\varnothing 140 \times 100$ мм) в зависимости от положения над фантомом. Такие детекторы с 1968 г. используются на модернизированной установке СИЧ-1М, разработанной в ИАЭ им. И. В. Курчатова [2]. Из рисунка видно, что максимальное значение фотоэффективности при неоднородном распределении Co^{60} примерно на 25% больше, чем при однородном распределении. Статистическая стандартная ошибка расчетов не превышала 7%. Различия между значениями фотоэффективности для энергий γ -квантов, равных 1,17 и 1,33 Мэв, не выходит за пределы стандартной ошибки вычислений.

Во втором случае неоднородного распределения был рассмотрен изотоп I^{131} ($E_{\gamma} = 0,364$ Мэв). Этот излучатель, попадая в организм, концентрируется в щитовидной железе (~33% от общего содержания в теле) [1]. На рис. 1, б приведены результаты вычис-

лений эффективности и фотоэффективности для неоднородного (сплошные кривые) и однородного (пунктирные кривые) распределения I^{131} в фантоме. По кривым фотоэффективности рассчитана суммарная фотоэффективность четырехкристального СИЧ-1М [2]. Отношение фотоэффективностей, соответствующих неоднородному и однородному распределениям, равно ~1,24. Эта величина проверялась экспериментально.

Для измерений на СИЧ-1М был приготовлен фантом с равномерно распределенной активностью $q_1 = 0,66$ мккюри и смоделирована шея с щитовидной железой, содержащей I^{131} с $q_2 = 0,33$ мккюри.

На рис. 2 приведены полученные на СИЧ-1М распределения амплитуд импульсов: кривая 1 соответствует измерениям с однородным распределением активности (без имитации активности щитовидной железы) и кривая 2 — измерениям с неоднородным распределением I^{131} , т. е. с учетом активности щитовидной железы. Отношение площадей S под фотопиками этих кривых равно $S_2/S_1 = 1,79$. Это позволяет получить соответствующие отношения фотоэффективностей. Действительно,

$$S_1 = \epsilon_0 q_1, \quad (1)$$

$$S_2 = \epsilon_0 q_1 + \epsilon_{щ.ж} q_2 = \epsilon_n (q_1 + q_2), \quad (2)$$

где ϵ_0 и ϵ_n — фотоэффективности регистрации γ -излучения при однородном и неоднородном распределении I^{131} в фантоме (или субъекте); $\epsilon_{щ.ж}$ — фотоэффективность регистрации γ -излучения изотопа I^{131} , локализованного только в щитовидной железе.

Тогда

$$\frac{\epsilon_{щ.ж}}{\epsilon_0} = \frac{q_1}{q_2} \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right). \quad (3)$$

Используя данные эксперимента, находим, что

$$\epsilon_{щ.ж} = 1,6 \epsilon_0$$

и

$$\frac{\epsilon_n}{\epsilon_0} = \frac{S_2}{S_1} \cdot \frac{q_1}{q_1 + q_2}, \quad (4)$$

откуда следует, что

$$\frac{\epsilon_n}{\epsilon_0} = 1,2.$$

Последнее соотношение находится в соответствии с теоретическим расчетом (с точностью до ошибки эксперимента и расчета). Таким образом, фотоэффективность четырехкристального спектрометра [2], полученная при калибровке СИЧ-1М на фантоме с однородным распределением I^{131} , примерно на 20% ниже фото-

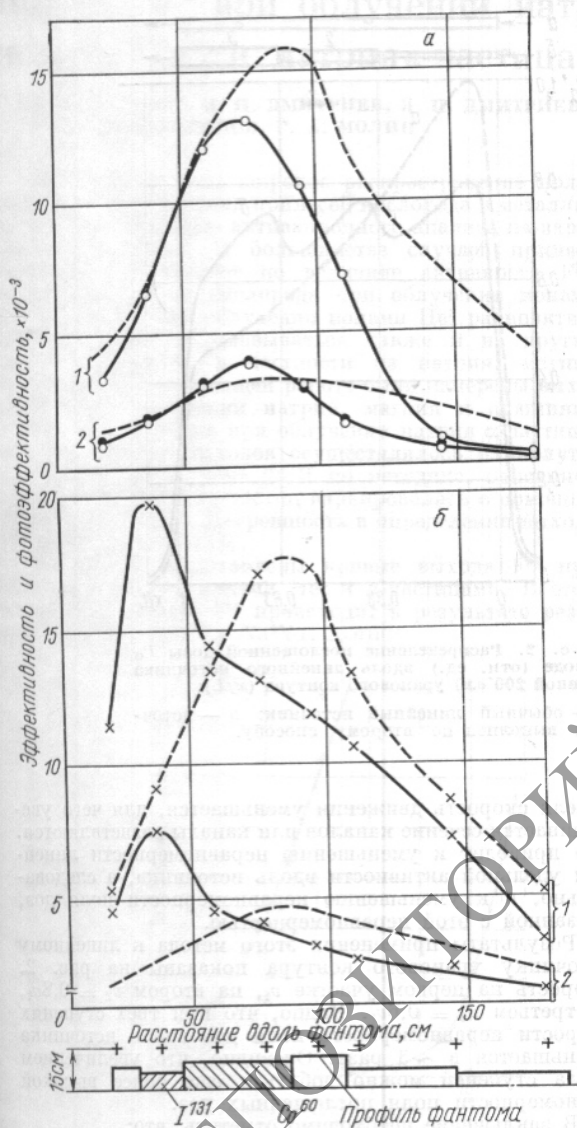


Рис. 1. Эффективность (1) и фотоэффективность (2) детектора для разных положений (+) его над фантомом с однородным (пунктирные кривые) и неоднородным (сплошные кривые) распределениями Co^{60} (а) и I^{131} (б).

Значения E_{γ} в Мэв: ● — 1,47; ○ — 1,33; × — 0,364. Заштрихована область, в которой находится излучатель при неоднородном распределении (Co^{60} — 100%; I^{131} — 33%).

О двух способах уменьшения неравномерности поля доз вдоль источника радиационного контура

Е. С. СТАРИЗНЫЙ, А. Х. БРЕГЕР

При практической реализации радиационных контуров большое значение имеет распределение мощностей поглощенных доз (равномерность облучения объекта) в реакционном объеме радиационнохимического аппарата [1]. Очевидно, что в силу распада рабочего веще-

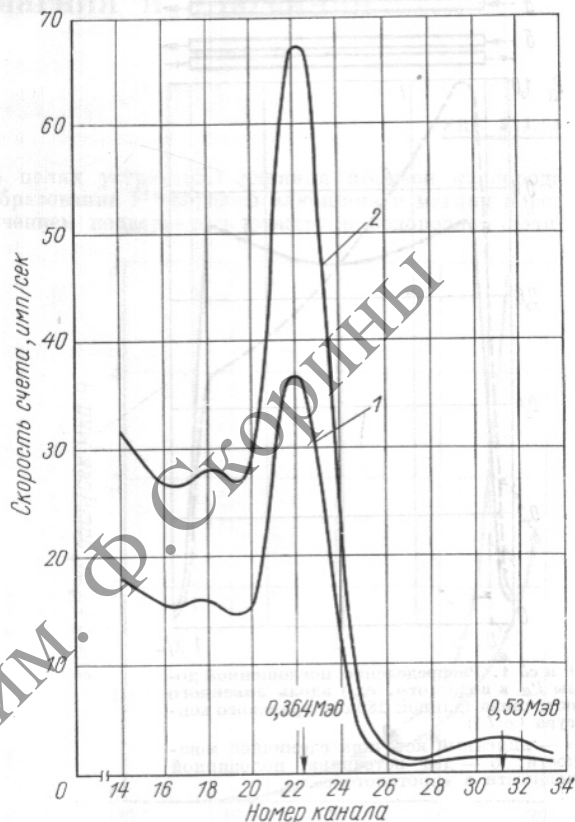


Рис. 2. Амплитудное распределение импульсов для однородного (1) и неоднородного (2) распределений I^{131} в фантоме.

эффективности, соответствующей реальному распределению I^{131} в организме.

Авторы признательны Ю. В. Сивинцеву, принимавшему участие в постановке задачи и обсуждении результатов.

Поступило в Редакцию 25/II 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиационная защита (рекомендации Международной комиссии по радиационной защите). М., Госатомиздат, 1961.
2. Ю. В. Сивинцев и др. «Атомная энергия», 18, вып. 2, 144 (1965).

УДК 541.15

ства удельная активность источника радиационного контура неизбежно уменьшается на пути рабочего вещества от места его входа в облучатель до места выхода [2]. Это явление приводит к неравномерности поля доз вдоль источника, которая особенно велика