

УДК 539.12.08

Измерение глубинных дозных распределений от источников бета-излучения в различных материалах

КОМАРОВ Н. А., РАДЗИЕВСКИЙ Г. Б.

Для решения некоторых задач, связанных с применением β - и электронных источников излучения, часто требуется знать глубинные распределения доз в различных материалах, окружающих эти излучатели. Один из возможных методов измерения доз от бесконечных плоских источников β -излучения — метод, основанный на использовании бесконечно широкой ионизационной камеры с переменным давлением наполняющих ее газов [1, 2]. Особенностью этой камеры является наличие газа при переменном давлении в измерительном объеме между электродами, выполняющего две функции: детектора излучения и одновременно фильтра, толщина которого зависит от давления. Толщина газового слоя между электродами использованной камеры может изменяться от 20 мкг/см² до 50 мг/см², что позволяет в указанных пределах измерять дозные распределения от источников β -излучения.

Поскольку газ в камере моделирует тот материал, в котором изучаются глубинные дозные распределения, важно, чтобы он по возможности мало отличался от этого материала по взаимодействию с электронами. Известно, что прохождение β -частиц через вещество определяется в основном упругим и неупругим рассеянием соответственно на ядрах поглотителя и его электронах. Первый процесс достаточно полно характеризуется величиной среднего квадрата угла отклонения $\bar{\theta}^2$ электрона при многократном рассеянии в слое единичной толщины, а второй определяется тормозной способностью среды dE/dx . Как правило, ни один из существующих газов не имеет характеристик рассеяния и поглощения, одинаковых с каким-либо другим моделируемым материалом. Задача сводится к подбору такой газовой смеси,

для которой выполняются следующие условия:

$$\sum_{i=1}^n p_i \left(\frac{dE}{dx} \right)_i = \frac{dE}{dx};$$

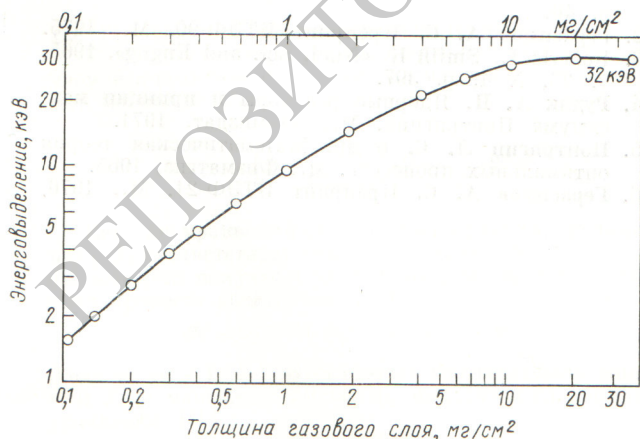
$$\sum_{i=1}^n p_i \bar{\theta}_i^2 = \bar{\theta}^2; \text{ для моделируемой среды} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1,$$

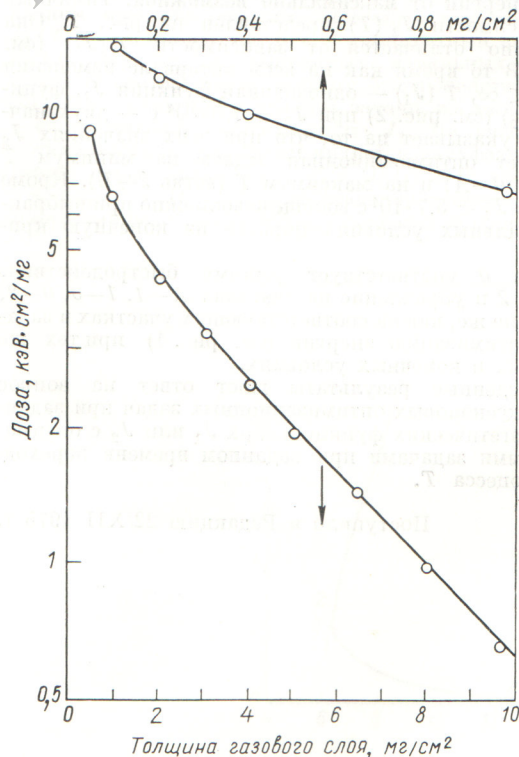
где P_i , n — массовая доля и число компонентов газа в смеси.

Такой метод моделирования и оценки эквивалентности веществ известен давно [3]; до сих пор он применялся главным образом для подбора тканеэквивалентных детекторов или фильтров β -частиц.

Система условий (1) может точно выполняться лишь при $n \geq 3$. Компонентами газовой смеси служили N₂, Kr и Xe. При подборе парциального давления лишь двух газов N₂ и Kr или N₂ и Xe точно выполнялись



Р и с. 1. Зависимость энерговыделения в газовом зазоре камеры (β -частица) ⁻¹ от точечного источника β -излучения ¹⁴⁷Pm



Р и с. 2. Зависимость одномерного глубинного дозного распределения от тонкого широкого источника β -излучения ¹⁴⁷Pm

Характеристика моделирующих смесей газов

Моделируемый материал	Массовые доли газов			Отношение парциальных давлений газов в смеси		Удельная работа ионнообразования, эВ	Масса 1 см ³ газовой смеси при нормальных условиях, мг
	N ₂	Kr	Xe	N ₂ /Kr	N ₂ /Xe		
Al	0,769	0,231		10		33,0	1,47
Cu	0,185	0,815		0,68		27,3	2,73
Cd	0,091		0,909		0,47	23,6	4,39

лишь два последних условия системы. Оказалось возможным также с достаточным приближением (1—2%) удовлетворить и требование равенства тормозной способности среды и моделирующей газовой смеси.

В таблице даны примеры моделирования Al, Cu и Cd различными смесями газов.

Удельная работа ионнообразования W полученных смесей газов определена относительным методом. Тонкий источник β -излучения, например ³⁵S, последовательно переносился на нижние электроды камеры, выполненные из различных материалов (графита, Al, Cu, Cd), а измерительный объем камеры заполнялся соответствующей смесью газов, моделирующей материал электрода [графит моделировался азотом, а металлы — смесями газов (см. таблицу)]. Считая, что каждая из таких систем электрод-газовая смесь гомогенна, справедливо ожидать равенства энерговыделений в газе при толщине газового промежутка, большей максимального пробега частиц ³⁵S.

УДК 539.124.17

Анизотропия электронных потоков за протяженными неоднородностями в веществе

Бойко В. И., Евстигнеев В. В., Кононов Б. А., Плотников А. Л., Горбачев Е. А.

В работах [1—3] показано, что наличие в веществе протяженных неоднородностей приводит к значительному перераспределению электронных потоков в тормозящих средах. Захват электронов в полость неоднородности обусловлен большим сечением их рассеяния в среде, а перенос через каналы является результатом рассеяния частиц от поверхности их стенок. Однако неясным остается вопрос, каковы механизм и кратность рассеяния электронов в канале. Информацию об этом можно получить из углового распределения электронов за протяженными неоднородностями в веществе. Этому исследованию посвящена настоящая работа.

Угловое распределение измерено на установке, аналогичной описанной в работе [4]. Поток электронов бетатрона с энергией $E_0 = 3 \div 8$ МэВ падал нормально на образцы из алюминия, железа, меди и свинца, толщина которых изменялась от 1 до 5 R_0 (R_0 — экстраполированный пробег электронов в материале образца). Неоднородности в поглотителях имитированы сквозными плоскими, криволинейными и цилиндрическими каналами регулируемой ширины ($d = 0,05 \div 5$ мм). Осьевые линии каналов, поверхности стенок которых

Таким образом, величина удельных работ ионнообразования в газовых смесях обратно пропорциональна соответственным величинам токов. Измеряя токи в каждой газовой смеси и зная W в азоте, можно найти остальные величины W (см. таблицу).

На рис. 1 приводится зависимость энерговыделения и газовой смеси, моделирующей медь, от толщины газового слоя в межэлектродном промежутке. Тонкий β -источник ¹⁴⁷Pm помещен в центре на поверхности нижнего электрода. Можно показать, что дифференцирование этой зависимости дает величину, пропорциональную одномерному глубинному распределению доз от такого же источника β -излучения, как помещенный в камеру, но бесконечно широкого. На рис. 2 приведен результат такого дифференцирования.

Описанным методом можно проводить дозиметрические исследования в непосредственной близости к тонким источникам излучения (на расстоянии, соответствующем толщине 30—50 мкг/см²) даже в средах, обладающих атомным номером $Z \gg 20$, что невозможно при использовании обычной экстраполяционной камеры с переменным по высоте воздушным зазором между электродами. При исследовании дозных полей от источников β -излучения отпадает необходимость использования тонких слоев поглотителя, например тонкой фольги из различных металлов.

Поступило в Редакцию 7/1 1967 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радзиевский Г. Б. «Приборы и техника эксперимента», 1970, № 1, с. 70.
2. Bockkarev V. e.a. «Intern. J. Appl. Rad. and Isotopes», 1972, v. 23, p. 493.
3. Walinder G. «Acta Radiol.», 1957, v. 48, N 1, p. 68.

обрабатывались по пятому классу точности (ГОСТ 2.789—59), составляли с направлением начального потока электронов угол α , изменяемый от 0 до 60°. Рассеянные частицы регистрировались сцинтилляционным датчиком на базе ФЭУ-31; электрические сигналы с него обрабатывались стандартными блоками усиления, дискриминации и счета. Точность установки детектора составляла $\pm 0,1^\circ$, угловое разрешение не хуже 0,2°. Максимальная ошибка измерений не превышала 8%.

Типичная форма кривых углового распределения электронов за сквозными плоскими каналами в зависимости от угла их ориентации представлена на рис. 1.

Особенностью полученного распределения является появление провала в центральной области и выделение двух максимумов с увеличением угла ориентации канала относительно направления падающего на поглотитель потока. Эта тенденция разделения выходящего из канала потока на две составляющие усиливается с ростом α , а начинает проявляться для углов ориентации $\alpha > \arctg d/R$ независимо от атомного номера мишени Z и энергии электронов E_0 . Угол между максимумами