

Предельная плотность потока (F_n) частиц высоких энергий для грунтовой защиты

Таблица 3

Скорость движения грунтовых вод, м/сут	F_n , частиц/(см ² ·с)	
	по ³ H	по ²² Na
10 ⁻²	2,7·10 ¹¹	10 ⁶⁰
10 ⁻¹	4,1·10 ⁵	1,4·10 ⁸
10	1,1·10 ⁵	3,5·10 ⁴
10 ¹	9,3·10 ⁴	1,8·10 ⁴
10 ²	9,2·10 ⁴	1,7·10 ⁴

ритель не представляет опасности для выбранного участка. Полагая в формуле (10) С-СДК, можно считать предельную плотность потока частиц высоких энергий для грунтовой защиты ускорителя при условии, что радионуклиды вымываются инфильтрующимися атмосферными осадками, попадают в водоносный горизонт и доходят до опасного участка (водозаборная скважина, открытый водоем, граница санитарно-защитной зоны и т. п.).

Предположим, что $x = 1000$ м от ускорителя. За величину v_b можно принять скорость фильтрации в суглинках, которая для средней полосы европейской части СССР составляет $\sim 0,5$ м/год [12]. Положим, что $n = 0,15$; $d = 1$; $L = 4$ м. Результаты приведены в табл. 3. Следует иметь в виду, что полученные значе-

ния рассчитаны для крайне неблагоприятных гидрогеологических условий, не учитывающих разбавления загрязнений в потоке и диффузию в соседние слои грунтов (сверху и снизу).

Поступило в Редакцию 4/VII 1977 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hoyer F. CERN 68-42, 1962.
2. Gabriel T. «Nucl. Instrum. and Methods», 1971, v. 91, N 1, p. 67.
3. Thomas R. «Nucl. Instrum. and Methods», 1972, v. 102, N 1, p. 149.
4. Borak T. e.a. «Health Phys.», 1972, v. 23, N 5, p. 679.
5. Александров А. А. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 34, вып. 3, с. 177.
6. Лебедев В. Н. и др. «Атомная энергия», 1975, т. 39, вып. 2, с. 134.
7. Балуква В. Д. и др. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 2, с. 148.
8. Балуква В. Д. и др. В кн.: Труды 4-го Всесоюз. совещ. по ускорителям заряженных частиц. Т. 2. М., «Наука», 1975, с. 246.
9. Рачинский В. В. Введение в общую динамику сорбции и хроматографии. М., «Наука», 1964.
10. Шестаков В. М. Динамика подземных вод. М., Изд-во МГУ, 1973.
11. Нормы радиационной безопасности. НРБ-69. М., Атомиздат, 1972.
12. Богомолов Г. В. Гидрогеология с основами инженерной геологии. М., «Высшая школа», 1975.

УДК 539.1.08

Использование эффекта «обгона» для измерения спектрального параметра γ -излучения

РОЗМАН С. И., БРИСКМАН Б. А.

Для элементов со средними и большими атомными номерами Z мощность поглощенной дозы или радиационного тепловыделения (РТ) γ -излучения в реакторе составляет более 98% суммарной дозы. Для определения РТ необходимо провести непосредственно калориметрическое измерение в заданном материале или иметь данные о спектре γ -излучения. Первое нереально в связи с большим объемом радиационных испытаний, в которых используются сотни и тысячи материалов различного химического состава. Данные о спектре внутриреакторного γ -излучения либо отсутствуют, либо весьма труднодоступны [1].

В работе [2] введено понятие спектрального параметра (СП) γ -излучения как отношения мощностей РТ в железе и цирконии. Показано, что существует однозначная, близкая к линейной зависимость между отношениями мощностей РТ в заданном веществе и железе P_i/P_{Fe} с одной стороны, и СП, с другой стороны. Таким образом, определение величины P_i сводится к измерению СП с последующим использованием расчетных зависимостей

$$P_i = P_{Fe} f(\text{СП}). \quad (1)$$

Измерение СП состоит в калориметрическом определении P_{Fe} и P_{Zr} порознь в заданной точке эксперимен-

тального устройства реактора, а в случае калориметров интегрального теплового потока, применявшихся в работе [2], — в дополнительном измерении фонового энерговыделения.

Для этого мы использовали изотермически-адиабатный калориметр, работающий на основе эффекта «обгона» [3]. Предварительно в целях оптимизации материалов для определения СП были рассмотрены следующие элементы: Zr, Fe, Ti и Mg. С учетом требований (1) минимального среднего квадратического отклонения расчетных точек от линейной аппроксимации зависимости (1), минимального влияния деформации спектра γ -излучения в оболочке на тепловыделение в рабочем теле, специфических требований метода эффекта «обгона» были отобраны цирконий (оболочка) и магний (рабочее тело).

В соответствии с рекомендациями работы [2] зависимость (1) для СП = $g = P_{Mg}/P_{Zr}$, рассчитанная для десяти различных спектров γ -излучения, была представлена в виде линейных аппроксимаций $P_i/P_{Zr} = a_i + b_i g$ (2) (табл. 1).

Средние квадратические отклонения истинных зависимостей $P_i/P_{Zr} = f(\text{СП})$ от линейно аппроксимированных даже для урана не превышают 15%. В сред-

Значения коэффициентов a_i , b_i и ε^* для некоторых материалов

Таблица 1

Материал	a_i	b_i	$\varepsilon, \%$	Материал	a_i	b_i	$\varepsilon, \%$
H	-0,048	1,997	2,2	Fe	0,325	0,661	1,2
CH	-0,022	1,051	1,9	Cu	0,449	0,531	1,0
CH ₂	-0,026	1,154	1,5	Zn	0,501	0,488	1,0
Be	-0,021	0,900	1,6	Sn	1,393	-0,349	1,9
B	-0,023	0,940	1,3	W	1,202	-0,152	9,7
C	-0,025	1,021	1,1	Pb	1,601	-0,097	12
Al	-0,008	0,970	0,2	U	2,190	-0,474	14,6
Ti	0,177	0,782	1,2				

* ε — среднее квадратическое отклонение от линейной аппроксимации (2).

нем эти отклонения равны 1,5% для легких ($Z < 45$) и 10% для тяжелых ($Z > 45$) элементов.

По-видимому, практически линейный характер указанных зависимостей для легких элементов связан с тем, что для малых Z основной вклад в поглощение энергии γ -излучения вносит комптоновское рассеяние. С увеличением Z начинает превалировать вклад фотоэффекта, что приводит к сложной форме зависимости (1). Так, для тяжелых элементов ход кривой становится немонотонным, а на краях энергетического интервала — неоднозначным. Отдельные отклонения от линейной зависимости достигают 30—55% (для урана).

Величину РТ определяли с помощью калориметра на изотопной установке с ⁶⁰Со и в экспериментальных каналах реактора ВВР-Ц. Для проверки корректности использования понятия СП одновременно проводили прямые калориметрические измерения в некоторых металлах с помощью датчиков калориметрического спектрометра [1], а в полиэтилене и графите — с помощью изотермически-адиабатного калориметра [3]. Результаты представлены в табл. 2. Значения P_2 получены путем измерения СП с последующим применением соотношения (2). Величину ε оценивали по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| 1 - \frac{P_1}{P_2} \right| 100\%.$$

В результате проведенной работы подтверждена возможность использования понятия спектрального параметра γ -излучения для определения радиационного тепловыделения в различных материалах и установлена область его применимости ($0,2 \leq E \leq 2 \div 4$ МэВ) вследствие появления неоднозначности в зависимости

Результаты прямых (P_1) и косвенных (P_2) измерений радиационного тепловыделения, Мрад/ч*

Таблица 2

	Изотопная установка ⁶⁰ Со	ЭК-4	ЭК-14	ЭК-26
$\frac{g}{R^*}$	0,887	0,650 445	0,616 765	0,580 960
Pb P_1	4,72	29,3	25,9	7,19
Pb P_2	4,90	31,6	24,9	7,80
ε		5,3		
Sn P_1	3,34	23,2	19,0	5,86
Sn P_2	3,40	24,0	20,5	5,99
ε		3,8		
Zr P_1	2,39	21,5	18,4	5,25
Zr P_2	2,49	20,5	17,2	5,03
ε		5,0		
Zn P_1	2,30	16,3	15,4	5,02
Zn P_2	2,34	16,6	13,7	4,94
ε		3,8		
Mg P_1	2,15	13,6	10,5	2,97
Mg P_2	2,21	13,3	10,6	2,92
ε		1,9		
CH ₂ P_1	2,54	15,9	13,3	3,83
CH ₂ P_2	2,48	15,4	12,8	3,61
ε		3,8		
C P_1	2,23	13,9	11,5	3,34
C P_2	2,21	13,4	11,2	3,14
ε		3,4		

* R — расстояние от оси канала до центра активной зоны реактора, мм.

$P_i/P_{Zr} = f(E_\gamma^{эф})$ при E_γ ниже 0,2 МэВ и выше 2—4 МэВ; показано, что метод «обгона» удобен, значительно упрощает и повышает точность измерений спектрального параметра; установлено, что изменение спектрального параметра с ростом расстояния от центра активной зоны реактора хорошо согласуется с данными о спектре γ -излучения в водо-водяном реакторе [1].

Поступило в Редакцию 4/VII 1977 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Брискман Б. А. и др. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 5, с. 325.
- Поглин Ю. Л., Огородник С. С. «Атомная энергия», 1975, т. 38, вып. 2, с. 96.
- Брискман Б. А. Компоненты поглощенной энергии реакторного излучения. М., Атомиздат, 1976.

ПОПРАВКИ

В статье В. П. Джелеева и Л. И. Лавидуса «Тридцать лет работы первой ядерной лаборатории Дубны» (1978, т. 44, вып. 1) на с. 57 (правая колонка, третий абзац сверху, пятая строка) следует читать: ³He; на с. 61 (левая колонка, третий абзац сверху, восьмая строка) следует читать: до 50 мкА