

A-877



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

763/2-79

26/11-79

16 - 11817

В.А.Архипов, Л.Г.Бескровная, М.М.Комочков,  
М.И.Салацкая

ИССЛЕДОВАНИЕ АДЕКВАТНОСТИ ПОКАЗАНИЙ  
ФОТОЭМУЛЬСИОННЫХ И СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ  
ДЕТЕКТОРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЕ  
В ПОЛЯХ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИБР-30

Дубна 1978

16 - 11817

В.А.Архипов, Л.Г.Бескровная, М.М.Комочков,  
М.И.Салацкая

ИССЛЕДОВАНИЕ АДЕКВАТНОСТИ ПОКАЗАНИЙ  
ФОТОЭМУЛЬСИОННЫХ И СИНТИЛЛЯЦИОННЫХ  
ДЕТЕКТОРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЕ  
В ПОЛЯХ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИБР-30



Архипов В.А. и др.

16 - 11817

Исследование адекватности показаний фотоэмульсионных и сцинтилляционных детекторов эквивалентной дозе в полях рассеянного излучения ИБР-30

Проведены исследования адекватности показаний фотоэмульсионных детекторов индивидуального контроля дозы нейтронов типа ИФКн и бэрметра, применяемых в ОИЯИ, эквивалентной дозе в полях рассеянных нейтронов реактора ИБР-30. Адекватность устанавливали путем сравнения показаний детекторов, отградуированных с помощью (Pu+Be) -источника нейтронов в единицах эквивалентной дозы, с эквивалентной дозой, полученной на основе измерений со спектрометром Боннера.

В результате установлено занижение в определении индивидуальных доз нейтронов, даны рекомендации по устранению методической ошибки при градуировке дозиметра ИФКн, что ведет к повышению достоверности измерения дозы нейтронов с помощью индивидуального дозиметра.

Работа выполнена в Отделе радиационной безопасности и радиационных исследований ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Archipov V.A. et al.

16 - 11817

Analysis of the Adequacy of the Nuclear Track Film and Scintillation Detectors Response to Dose Equivalent in the Stray Radiation Fields of the IBR-30 Reactor

The adequacy of the nuclear track film for personnel monitoring and "remmeter" response to the dose equivalent in the stray radiation fields of the IBR-30 reactor have been investigated. The adequacy was estimated by means of intercomparison of readings of the detectors calibrated with the Pu-Be source with the dose equivalent measured with the Bonner spectrometer. As a result, the underestimation of the neutron personnel doses was recognized; the recommendations for reducing the systematic error of the calibration are discussed.

The investigation has been performed at the Department of Radiation Safety and Radiation Research JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

## ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы является установление адекватности показаний детекторов индивидуального фотографического контроля дозы нейтронов /ИФКн/<sup>1,2</sup> эквивалентной дозе в полях рассеянных нейтронов ИБР-30 с помощью современных доступных средств, а также выдача рекомендаций по повышению степени достоверности результатов дозиметрического контроля. Одновременно с этим преследовалась цель установить адекватность показаний бэрметра эквивалентной дозе в тех же полях. Адекватность устанавливали путем сравнения показаний детекторов, отградуированных с помощью (Pu+Be) источника нейтронов в единицах эквивалентной дозы, с эквивалентной дозой, полученной на основе измерений со спектрометром Боннера<sup>/3/</sup>.

## 1. ЭКСПЕРИМЕНТ

В пяти точках экспериментальных и рабочих помещений реактора ИБР-30 /см. рис. 1/ в поле рассеянных нейтронов были проведены измерения:

- реакции детектора спектрометра Боннера с шаровыми замедлителями диаметром 5,0; 7,6; 12,7; 25,4; 30,4 /см/;
- реакции детектора ZnS(B) в шаровом полиэтиленовом замедлителе диаметром 25,4 см, применяемом в оперативном дозиметрическом контроле на реакторе в качестве бэрметра;

- мощности дозы гамма-излучения (дозиметром ДРГЗ-01<sup>4/</sup>);
  - плотности потока тепловых нейтронов (счетчиком СНМ-11<sup>5/</sup>).
- В этих же точках были экспонированы фотозмульсионные дозиметры индивидуального контроля типа ИФКн.

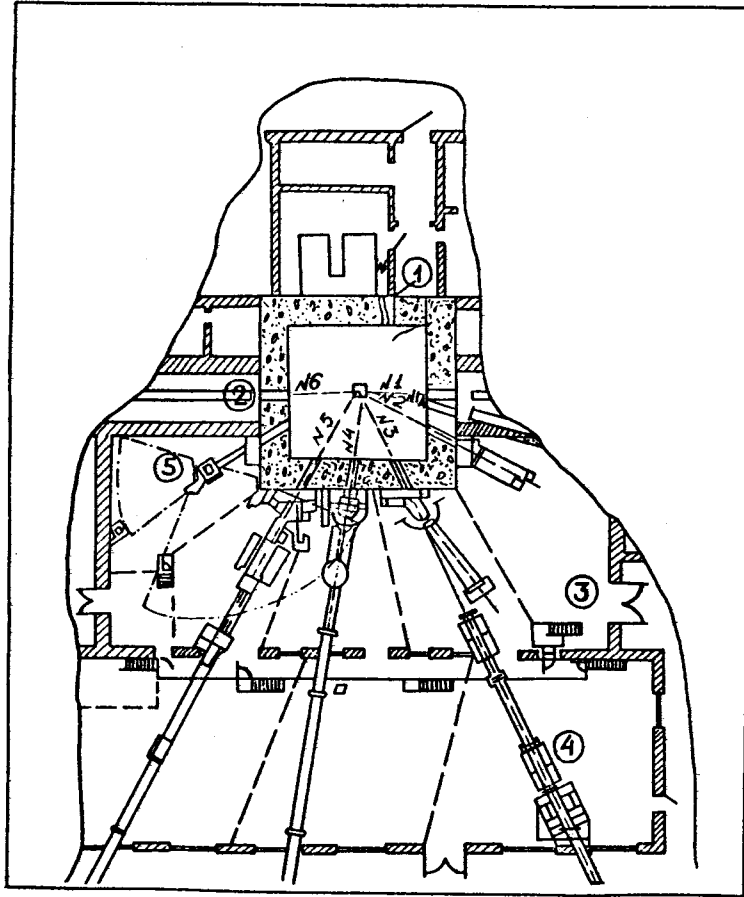


Рис.1. План размещения рабочих и экспериментальных помещений здания ИБР-30; о - точки, в которых проводились сравнения.

При выборе точек измерения руководствовались соображением проведения сравнения показаний детекторов нейтронов в наиболее характерных, но в то же время различных по спектру, полях рассеянного излучения за защитой пучков и реактора.

Точка 1 находится у входа в зал реактора против защитных дверей. Две защитные двери зала реактора толщиной 460 мм каждая выполнены из чередующихся слоев стали и парафина с технической бурой. Точка 2 находится в центре канала № 6. При измерениях механический шибер канала закрыт, а труба нейтронвода  $\phi 400$  мм в стене реактора залита водой. Точка 3 находится в экспериментальном зале. Измерение реакции детекторов и облучение кассет ИФКн проводились при открытых в зал каналах. В поле рассеянного излучения, которое формируется в точке 3, проводит работы большая часть персонала научно-экспериментальных отделов, следовательно, нейтроны этого поля вносят основной вклад в дозу облучения. Точка 4 находится в экспериментальном зале на расстоянии 1,5 м от центра пучка в "тени" магнита. Точка 5 находится над пучком № 7 на водяной защите спектрометра.

В точках измерения кассеты ИФКн облучались на поверхности тканезквивалентного фантома с двух сторон: спереди /"грудь"/, в направлении предполагаемого источника излучения и с обратной стороны фантома /"спина"/. Полную дозу нейтронов определяли по числу треков в ядерной эмульсии с использованием градуировочного коэффициента по  $(Pu+Be)$ -источнику<sup>6/</sup>. Дозу гамма-излучения определяли по почернению рентгеновской пленки типа ORWO RD3-4, помещенной в кассету ИФК-2,3. С целью повышения статистической достоверности результатов ИФКн были проведены дополнительные сравнения в 1 и 5 точках /точки 1а, 5а в таблице/. Спектры рассеянного излучения во время этих измерений отличались от предыдущих из-за изменения условий сравнения.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Восстановление спектров рассеянных нейтронов выполняли по программе, использующей метод статистической регуляризации /7,8/. В программе расчета спектра на ЭВМ CDC-6500 использовались показания спектрометра Боннера, счетчика СММ-11 и априорная информация, дающая ограничение по максимальной энергии нейтронов в спектре. Функции чувствительности спектрометра Боннера заимствованы из работы /9/.

С помощью восстановленных спектров нейтронов были вычислены плотности потоков и мощности эквивалентных доз нейтронов с энергией выше заданной /рис. 2, 3/. Переход от плотности потока к мощности эквивалентной дозы  $\dot{H}_1$  выполняли на основании рекомендаций МКРЕ /10/, аппроксимированных в работе /11/. Данные рис. 2, 3 свидетельствуют о существенной разнице в энергетических распределениях плотности потока и мощности дозы; на этом основании, принимая во внимание условия измерений, можно считать, что наиболее "жесткий"

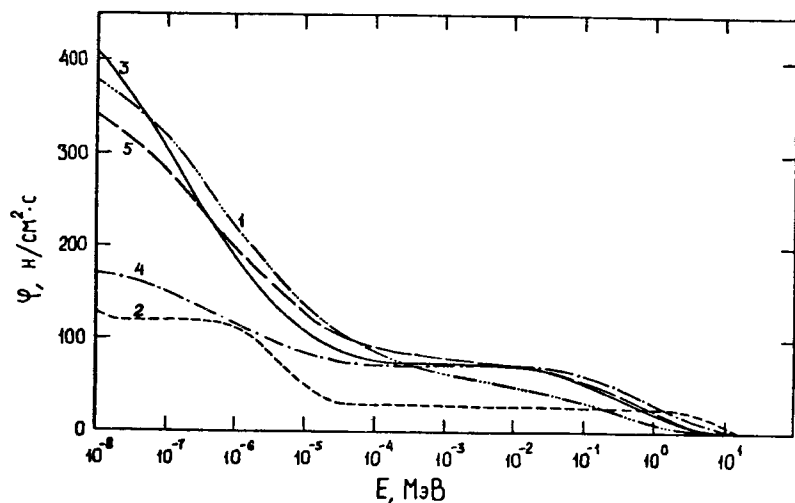


Рис. 2. Плотность потока нейтронов с энергией  $E$  выше заданной в точках измерений 1-5.

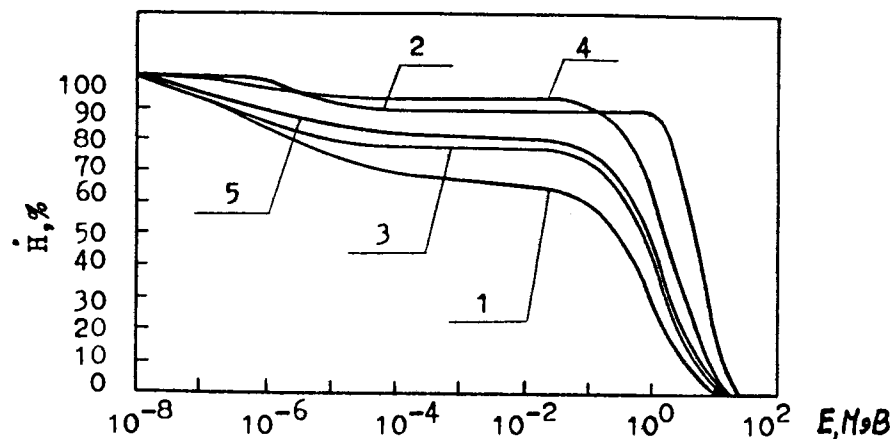


Рис. 3. Мощность эквивалентной дозы нейтронов  $\dot{H}$  с энергией  $E$  выше заданной в точках измерений 1-5.

спектр имеет место в точке 4, а наиболее "мягкий" - в точке 1.

В таблице представлены данные о мощности эквивалентной дозы, установленной на основе спектра нейтронов ( $\dot{H}_1$ ), полученной с помощью бэрметра ( $\dot{H}_2$ ) и дозиметра ИФКн ( $\dot{H}_3$ ); там же даны мощности экспозиционной дозы гамма-излучения  $\dot{P}_1$  и  $\dot{P}_2$ , измеренной с помощью ИФК и прибора ДРГЗ-1. За наиболее достоверную максимальную мощность эквивалентной дозы нейтронов принята  $\dot{H}_1$ . При сравнении  $\dot{H}_1$  с показаниями дозиметров ИФКн, облученных на фантоме, была произведена коррекция  $\dot{H}_1$ , учитывающая направленность излучения. Для этого использовали коэффициент  $K$ , полученный из экспериментальных данных по облучению кассет ИФКн на "груди" /А/ и "спине" /В/ фантома:

$$K = \frac{A + B}{A}$$

Значения коэффициентов  $K$  и скорректированных мощностей доз указаны в таблице. Из приведенных данных  $\dot{H}_p$  наиболее близка к дозе, получаемой сотрудниками в полях рассеянных нейтронов. Учет угловой зависимости чувствительности ИФКн производили с помощью  $K_v/\text{см}$ .

Таблица

Сравнение показаний различных приборов / эксперимент, расчет/.

#	точ.-: ки	Мощность эквивалентной дозы, мэр/час		Мощность дозы мэр/час		: $\dot{H}_T$ мэр/час	: $\dot{H}_p$ мэр/час	: $\dot{H}_I$ мэр/час	: $K_1 = \frac{\dot{H}_I}{\dot{H}_p}$	: $K_2 = \frac{\dot{H}_D}{\dot{H}_3}$	: $K_3 = \frac{\dot{H}_T}{\dot{H}_3}$
		: мэр/час	: мэр/час	: мэр/час	: мэр/час						
		: Спектрометр Бон:	: ИФКн	: ИФК	: ДРТЗ-1	: $K = \frac{A+B}{A}$	: $K_y$	: $\dot{H}_T$ мэр/час	: $\dot{H}_p$ мэр/час	: $\dot{H}_D$ мэр/час	: $\dot{H}_3$ мэр/час
		: мэр/час	: мэр/час	: мэр/час	: мэр/час						
I	4,0	8,0	1,5	4,9	5,3	1,7	0,75	1,5	2,4	1,6	1,0
Ia	6,4	11,6	3,4	5,1	4,1	1,7	0,75	3,4	3,8	1,1	1,0
2	2,2	2,5	1,2	39,3	49	1,0	1	2,3	2,2	0,95	1,9
3	6,3	10,0	1,8	2,4	1,8	1,2	0,87	3,9	5,25	1,85	2,2
4	6,6	8,6	4,9	1,5	1,4	1,7	0,75	3,1	3,9	1,25	0,6
5	5,8	9,5	2,2	4,5	3,5	1,2	0,87	3,45	4,8	1,4	2,2
5a	5,3	8,5	3,4	4,7	2,9	1,3	0,87	3,5	4,1	1,2	1,0

таблицу/. Ошибки измерения величин  $\dot{H}_1, \dot{H}_2, \dot{P}_1, \dot{P}_2$  не превышают  $\pm 15\%$ ; ошибки при определении  $\dot{H}_3$  значительны и обусловлены в основном погрешностью при просмотре эмульсий.

Для анализа данных эксперимента и понимания причин полученных расхождений в показаниях приборов был проведен расчет реакции дозиметра ИФКн на облучение нейтронами. Зависимость чувствительности ИФКн от энергии нейтронов представлена на рис. 4. Расчетные

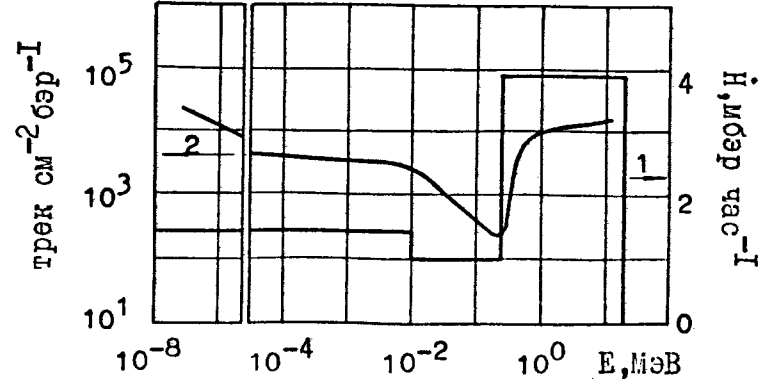


Рис. 4. Энергетическое распределение мощности эквивалентной дозы нейтронов  $\dot{H}$  за защитой ИБР-30 в т.3 /кривая 1/. Зависимость чувствительности ИФКн от энергии нейтронов /кривая 2/.

значения реакции дозиметра ( $\dot{H}_T$ ) приведены в таблице.

Из полученных результатов следует, что показания ИФКн в среднем в 1,7 раза ( $\bar{K}_2$ ) ниже дозы  $\dot{H}_p$ , которую мог получить сотрудник при работе в местах сравнения. На 50%  $\bar{K}_1 = 1,3$  это определяется зависимостью чувствительности детектора от энергии нейтронов и градуировкой его в поле нейтронов (Pu-Be) источника, остальные 50% обусловлены условиями, связанными с просмотром эмульсий на микроскопе  $\bar{K}_3 = 1,3$ . Необходимо отметить, что облученные в данном эксперименте эмульсии трудны для просмотра из-за малой длины треков протонов

/“мягкий” спектр нейтронов/ и значительного фона от гамма-излучения. Это приводит к дополнительным субъективным ошибкам.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Энергетическая зависимость чувствительности дозиметра ИФКн позволяет в среднем ( $K_1$ ) удовлетворительно регистрировать индивидуальную дозу нейтронов в исследуемых полях. Однако отличие функции чувствительности детектора ИФКн от идеальной, градуировка его в поле нейтронов (Pu-Be) -источника, потери информации при просмотре эмульсий на микроскопе приводят к занижению в среднем в 1,7 раза индивидуальных доз облучения. В этой связи при определении индивидуальных доз облучения персонала, работающего в полях рассеянных нейтронов ИБР-30, введен корректирующий коэффициент, равный 1,7. Применение для градуировки ИФКн источников нейтронов с более “мягким” спектром, чем спектр нейтронов (Pu-Be) -источника, устранит, по видимому, необходимость введения корректирующего коэффициента.

Завышение показаний бэрметра в среднем в 1,6 раза при градуировке его в поле нейтронов Pu-Be-источника находится в соответствии с данными МКРЕ<sup>10</sup>.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Золин А.С., Лебедев В.Н., Салацкая М.И. *Атомная энергия*, 1962, 13, вып. 5, с. 467.
2. Комочков М.М., Салацкая М.И. *ОИЯИ*, Р16-6791, Дубна, 1976.
3. Bramblett R.L. et al. *Nucl.Instr. and Meth.* 1960, 9, p. 1.
4. Голубев Б.П. *Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений*. Атомиздат, М., 1976.
5. Толченев Ю.М., Чайковская В.Т. *Коронные счетчики медленных нейтронов*. ПТЭ, 1963, 6, с. 5.
6. Комочков М.М., Салацкая М.И. *ОИЯИ*, Р16-9780, Дубна, 1976.

7. Туровцева Л.С., Турчин В.Ф. *Препринт ИМП*, № 30, М., 1971.
8. Алейников В.Е., Гердт В.П., Комочков М.М. *Труды IУ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц*, “Наука”, М., 1975; *ОИЯИ*, Р16-8176, Дубна, 1976.
9. Алейников В.Е. и др. *ОИЯИ*, Р16-6790, Дубна, 1972.
10. *Радиационная безопасность. Величины, единицы, методы и приборы*. Перевод с английского под ред. И.Б.Кеурим-Маркуса. Атомиздат, М., 1974.
11. Rindi A. *Health Phys.*, 1974, 27, p. 322.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 ноября 1978 года.