

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

5286/2-80

3/41-80

P16-80-448

МЕЖДУНАРОДНОЕ СРАВНЕНИЕ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ НЕЙТРОНОВ
И ДОЗ ИЗЛУЧЕНИЙ В ПУЧКЕ ИБР-30

1980

В.Е.Алейников, В.А.Архипов, В.П.Бамблевский, Г.Я.Касканов,
М.М.Комочков, М.И.Салацкая, А.П.Череватенко
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна.

Б.Дершель, К.Прокерт, Г.Штройбель, Ф.Шурихт
Технический университет, Дрезден, ГДР

В.В.Гречко
Институт ядерных исследований АН СССР, Москва

А.Апостол, А.Драгу, М.Николае, Д.Хашиган
Институт физики и ядерной технологии, Бухарест, СРР

П.Галан, А.Грабовцова, Д.Никодемова
Институт гигиены труда и профзаболеваний, Братислава, ЧССР

З.Спурны, Ф.Спурны, К.Турек
Институт радиационной дозиметрии АН ЧССР, Прага, ЧССР

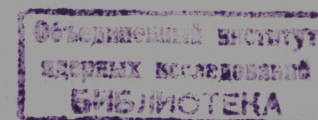
З.Проуза, Г.Солницка
Институт биофизики, Карлов университет, Прага, ЧССР

И.Кубечкова
Политехнический институт, Прага, ЧССР

P16-80-448

МЕЖДУНАРОДНОЕ СРАВНЕНИЕ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ НЕЙТРОНОВ
И ДОЗ ИЗЛУЧЕНИЙ В ПУЧКЕ ИБР-30

Направлено в АЭ



Алейников В.Е. и др.

P16-80-448

Международное сравнение средств измерения спектров нейтронов и доз излучений в пучке ИБР-30

Приведены результаты сравнения показаний средств измерения спектров нейтронов и доз излучений, используемых в странах-участницах ОИЯИ, в пучке импульсного быстрого реактора ИБР-30. Разброс значений доз нейтронов и гамма-излучения, измеренных разными методами, превышает 30% - величину, рекомендуемую МКРЕ для оценки достаточной точности при измерениях доз, сопоставимых с предельно допустимыми величинами. В работе приводятся причины неадекватности показаний некоторых дозиметров наиболее вероятной эквивалентной дозе.

Работа выполнена в Отделе радиационной безопасности и радиационных исследований ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Alejnikov V.E. et al.

P16-80-448

International Comparison of Means for Measurement of Neutron Spectra and Radiation Doses in the IBR-30 Reactor Beam

The results of comparison of responses of means for measurement neutron spectra and radiation doses in use in countries-participants of JINR in a beam of the IBR-30 pulsed fast reactor are presented. The spread of neutron and gamma radiation doses measured by different methods exceeds 30 percent - the value recommended by the ICRU to estimate sufficient accuracy for measurements of doses comparable with maximum permissible values. The reasons for inadequateness of responses of some dosimeters of most probable equivalent dose are given.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Сравнение методов и средств дозиметрии с целью установления достоверности полученных с их помощью результатов остается актуальной темой исследований в области радиационной безопасности. Оно позволяет также выбрать наиболее надежные и доступные средства измерения доз излучений как в повседневной практике контроля, так и в аварийных ситуациях. В Объединенном институте ядерных исследований такое сравнение начало проводиться с 1969 года в полях рассеянного излучения ускорителей^{/1/}. С 1974 года сравнительные измерения выполняются в пучке излучений импульсного быстрого реактора ИБР-30^{/40/}; в этой работе принимают участие представители восьми различных научных центров стран-участниц ОИЯИ /ГДР, ПНР, СССР, СРР, ЧССР/. ИБР-30 был выбран при сравнении в качестве источника излучений в связи с тем, что спектр нейтронов в его пучке близок к типичному спектру реактора и известен в широком диапазоне энергий^{/2/}. В настоящей работе приводятся основные результаты, полученные сотрудниками Объединенного института ядерных исследований и следующих научных центров стран-участниц ОИЯИ:

1. Технического университета, Дрезден, ГДР;
2. Института ядерных исследований АН СССР, Москва, СССР;
3. Института физики и ядерной технологии, Бухарест, СРР;
4. Института гигиены труда и профзаболеваний, Братислава, ЧССР;
5. Института радиационной дозиметрии АН ЧССР, Прага, ЧССР;
6. Института биофизики, Карлов университет, Прага, ЧССР;
7. Политехнического института, Прага, ЧССР.

2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. УСЛОВИЯ ОБЛУЧЕНИЙ

В табл.1 указаны приборы и методики, используемые в экспериментах по сравнению полученных с их помощью величин поглощенных и эквивалентных доз и флюенса нейтронов в пучке ИБР-30. Там же даны приблизительные интервалы энергий регистрируемых излучений и диапазоны измеряемых величин. Более подробные сведения о возможностях указанных детекторов и методик, способах обработки информации с них можно получить в литературе, указанной в табл.1.

Таблица 1

Приборы, детекторы, методы

№ детек- тора, ме- тода	Наименование прибора, детектора, метода	Вид : Энергетический излуч.: Дипазон, эВ : ченни:	Дипазон измеряемой : величина : величины			Размерность измеряемой : величины
			2	3	4	
1-0	Рекомбинационный дозиметр (РД)/3/	п без ограничений			$0,8 \cdot 10^4$	бэр/час
		х $E_{\gamma} \geq 10^5$			$0,1 \cdot 10^3$	рад/час
2-0	Рекомбинационный дозиметр РЕМ-2/4/	п без ограничений			$10^{-8} \div 10^2$	бэр/час
		х $E_{\gamma} \geq 10^5$			$3 \cdot 10^{-4} \div 10$	рад/час
3-0	Дозиметр ИЮКз/5,6/	п $10^{-2} \div 1,5 \cdot 10^7$			$0,02 \div 100$	бэр
		х $E_{\gamma} \geq 10^4$			$0,02 \div 70$	рад
4-0	ТЛД ²²⁸ -700/7/	х $E_{\gamma} \geq 2 \cdot 10^4$			$10^{-2} \div 10^3$	рад
5-0	Дозиметр ИКС-А/8/	х $E_{\gamma} \geq 5 \cdot 10^4$			$0,5 \div 7 \cdot 10^3$	рад
6-0	Ионизационная графитовая камера (КГ), наполненная CO_2 до 21 атм/9/	х $E_{\gamma} \geq 10^5$			$2 \cdot 10^{-4} \div 10^3$	рад/час
7-0	Пл в шаровом полиэтиленовом за- медителе 25,4 см	п $\leq 1,5 \cdot 10^7$			$> 0,075$	бэр/час
8-0	Активационные детекторы/10,11,30,39/	п $10^{-2} \div 1,5 \cdot 10^7$			$> 10^4$	$cm^{-2} \cdot c^{-1}$

Таблица 1 / продолжение/

9-1	ТЛД	2	3	4	5	6
9-1	ТЛД	а) CaF_2 : Mn - PTFE /12/ в оболочке из теф- лона 12 мм	х			
		б) CaF_2 : Mn - PTFE /12/ в) CaF_2 : Mn - софитты VA-S-220 /39/	х х х	$E \geq 6 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{-1} \div 2 \cdot 10^4$	рад
10-1	Трековые детекторы/13,14/б)	а) слюда с $^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th, ^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th$ б) $^{235}U, ^{238}U, ^{232}Th$	п п	$10^{-2} \div 1,5 \cdot 10^7$	а) $10^9 \div 5 \cdot 10^{12}$ б) $10^7 \div 3 \cdot 10^{12}$	cm^{-2}
11-1	Активационные детекторы/15,16,17/	а) Au, Ag, S б) Zr активационный детектор	п	$10^{-2} \div 1,5 \cdot 10^7$	$> 10^4$	$cm^{-2} \cdot c^{-1}$
12-1	Активационные детекторы/18,21/;	$NaF/Cd; S$	п	$0-0,4; > 0,4;$ $> 2,5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5; > 10^7;$ $> 10^6$	cm^{-2}
13-1	Активационные детекторы/19,20/	Au, Cd, Mn, Cu, Na, Al, S, In, Zn	п	$10^{-2} \div 2 \cdot 10^7$	$> 10^5$	$cm^{-2} \cdot c^{-1}$
14-1	Трековые детекторы /23/	а) MELINEX+(U,Th+U)/23/ б) стекло с ^{232}Th в) нитрат целлюлозы Kodak LR-115 г) поликарбонат MAKROFOL-E	п п п п	$> 0,4$ $> 1,2 \cdot 10^6$ $> 2,5 \cdot 10^6$ $> 8 \cdot 10^5$	$10^6 \div 10^{11}$ $10^8 \div 10^{12}$ $10^7 \div 10^{12}$ $10^8 \div 10^{12}$	cm^{-2}

Таблица 1 / продолжение /

I :	2	3	4	5	6
I5-Ч	ТЛД/24/				
	а) CaSO ₄ LiF Al ₂ O ₃ б) LiF порошок	γ > 10 ⁴		10 ⁻⁴ -10 ⁴ 10 ⁻³ -10 ⁴ 1 - 10 ⁵ 5.10 ⁴ -5.10 ¹¹	рад см ⁻²
I6-Ч	РФЛД(стекло) РВЗЗ/25/	γ > 10 ⁵		1 - 10 ⁴ 10 ⁸ -10 ¹²	рад см ⁻²
I7-Р	Нейтронный спектродозиметр/26/	n ~ 0,025	10 ⁻¹ -1,4.10 ⁷	10 ⁻² -10 ²	бар
I8-Р	ТЛД/26/	γ > 10 ⁴		10 ⁻⁴ -10 ⁴	рад

*) 0 - детекторы из ОИЯИ; Ч - детекторы из Чехословакии; Г - детекторы из ГДР; Р - детекторы из Румынии.

**) ТЛД - термоллюминесцентный детектор;

***) РФЛД - радиофотоллюминесцентный детектор.

Коротко остановимся на основных особенностях методов определения спектров в данной работе.

Сотрудники из ГДР определяли /16,17,27,28,37/ с помощью активационных детекторов спектр нейтронов от энергий тепловых нейтронов до 10⁴ эВ и при E > 0,7 МэВ. Между указанными интервалами спектр интерполировался. Спектр быстрых нейтронов восстанавливался методом итераций /17,27,28/ по показаниям пороговых детекторов, причем в качестве нулевого приближения использовался спектр деления.

Участники работы из СРР для определения спектров использовали нейтронный спектродозиметр /26/, состоящий из трековых детекторов из нитрата целлюлозы в контакте с радиаторами из бора, лития, углерода и алюминия. Для восстановления спектра применялся метод модельных функций /26/.

Участники из ЧССР определяли спектр нейтронов на основе радиоактивностей детекторов /13-Ч, табл.1/ и данных по эффективным сечениям реакций, полученных с помощью метода САНД /29/. Этот итерационный вычислительный метод основывается на определенном первом приближении, которое уточняется в ходе итерационного процесса.

Сотрудниками ОИЯИ и ИЯИ АН СССР спектр нейтронов с энергией E > 10⁻⁸ МэВ восстанавливался методом статистической регуляризации по данным, полученным после облучения активационных детекторов и детекторов тепловых нейтронов, облученных в шаровых полиэтиленовых замедлителях /30,39/.

Детекторы облучали в пучке №6 ИБРа-30 /2/ на расстояниях /базах/ 8,8 и 68,5 м от центра активной зоны реактора /см.рис.1/. Проведено три эксперимента: в 1974, 1975 и 1977 годах. Мощности реактора при этом составляли 15 и 21 кВт, частота следования импульсов излучения - 5 Гц.

Условия облучения детекторов контролировались двумя мониторами: один из них реагировал на изменение мощности реактора; детектор второго монитора располагался вблизи пучка /см. рис.1/ и реагировал на изменение интенсивности излучения в пучке. Однородность поля излучения в пучке на базе 8,8 м определялась трековыми /стекло в контакте с ²³²Th /23/, активационными /из меди/ и термоллюминесцентными детекторами /24/, на базе 68,5 м - термоллюминесцентными детекторами. В пределах погрешностей измерений неоднородность поля не обнаружена. Большинство детекторов облучались в свободном воздухе и на поверхности фантомов. Измерения с помощью рекомбинационного дозиметра РД /1-0, табл.1/ выполнялись в водном эллиптическом фантоме при погружении камеры в фантом вплотную к его передней стенке, так что измеренная с помощью РД мощность дозы относится к толщине -1,4 см воды.

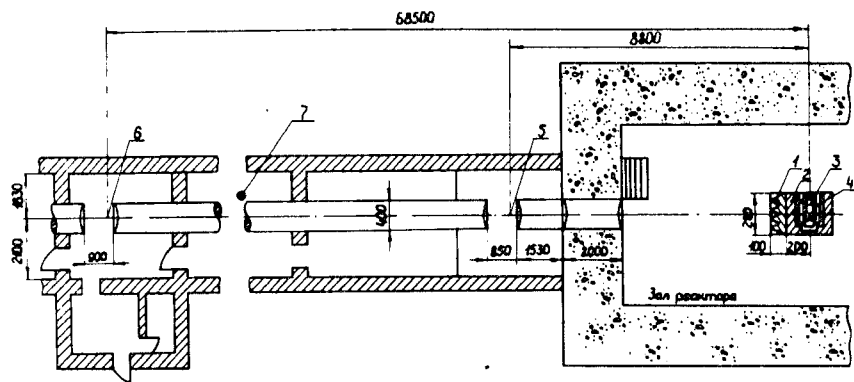


Рис.1. Геометрия эксперимента: 1 - гребенчатый замедлитель, 2 - водяной замедлитель, 3 и 4 - стационарная и подвижная зоны реактора, 5 и 6 - места сравнения, 7 - монитор пучка.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На рис.2 и 3 приведены результаты определения спектров нейтронов в воздухе на базах 8,8 и 68,5 м. На рис.3 для сравнения представлен спектр нейтронов реактора ИБР-30, измеренный методом времени пролета^{/2/}. Для удобства сравнения все результаты приведены к мощности реактора 15 кВт.

В вычислениях поглощенной (D) и эквивалентной (H) доз нейтронов на основе энергетических спектров переход от флюенса моноэнергетических нейтронов к D и H выполняли с помощью формул^{/31,32/}, аппроксимирующих рекомендованные МКРЕ величины^{/33/}. При определении с помощью РД и REM-2 мощностей эквивалентных доз, обусловленных нейтронами, из значения полных мощностей доз вычитали значение мощности дозы гамма-излучения в пучке, измеренное с помощью графитовой камеры /6-0, табл.1/, облученной в свободном воздухе.

В табл.2 и 3 приведены результаты измерений мощности эквивалентной и поглощенной доз нейтронов, а в табл.4 - мощности дозы гамма-излучения. В таблицах указаны только случайные погрешности измерений.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. ВЫВОДЫ

Сравнение результатов измерений разными приборами и методами /см. табл.1/ доз излучения в пучке ИБР-30 позволяет оценить точность этих дозиметров.

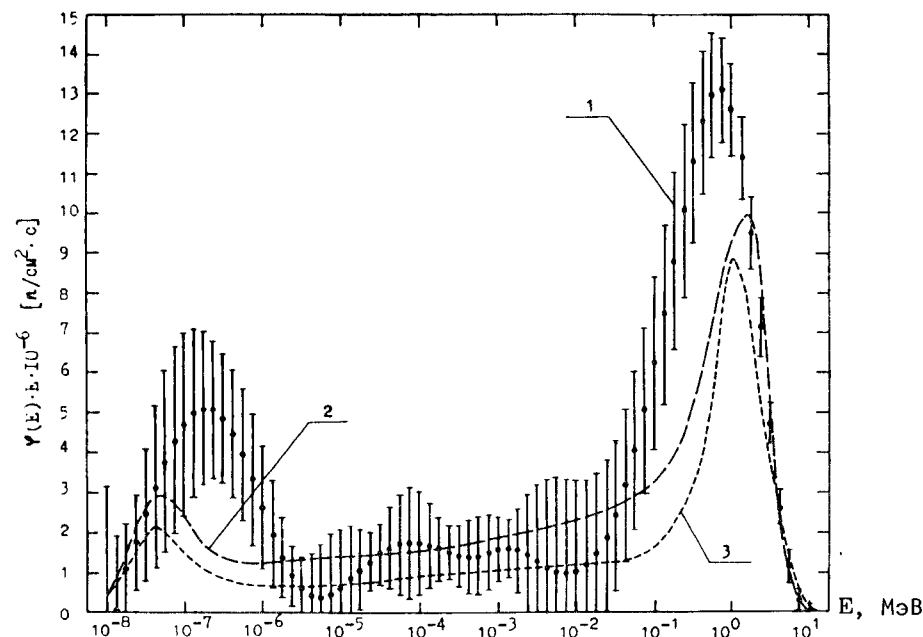


Рис.2. Спектр нейтронов $\phi(E) \cdot E$ на расстоянии 8,8 м от зоны реактора ИБР-30; $\phi(E)$ - дифференциальная энергетическая зависимость плотности потока нейтронов, $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1} \text{МэВ}^{-1}$; E - энергия нейтронов, МэВ; 1 - по данным^{/30/}, 2 - по данным^{/30/}, 3 - по данным^{/19,20/}.

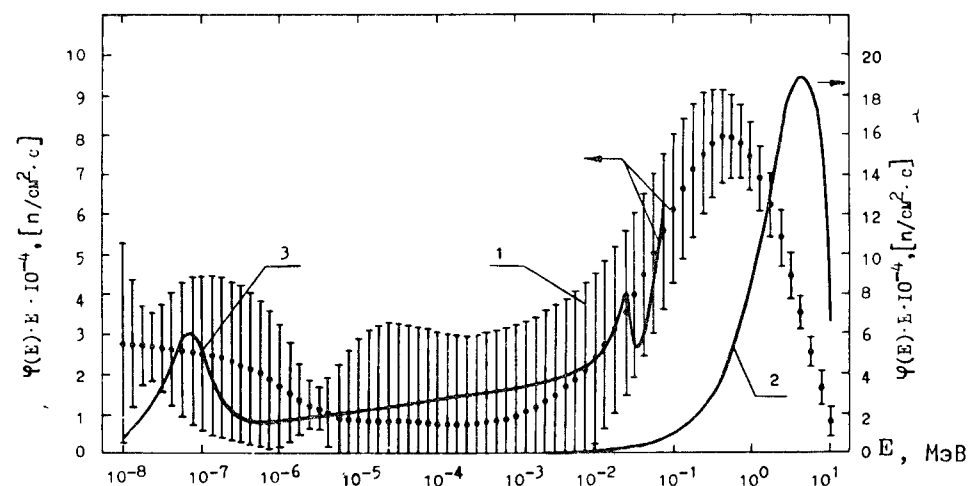


Рис.3. Спектр нейтронов $\phi(E) \cdot E$ на расстоянии 68,5 м от зоны реактора ИБР-30. 1 - по данным^{/30/}, 2 - спектр, восстановленный с помощью спектродозиметра^{/26/}, 3 - по данным^{/2/}.

Таблица 2

Результаты измерений мощности эквивалентной (\dot{H}) и поглощенной (\dot{D}) доз нейтронов в пучке ИБР-30 на расстоянии 8,8 м от активной зоны реактора
/ $\bar{W} = 15$ кВт /

Номер детектора, метода (см. табл. 1):	: 8-0 : 7-0 : 10-Г _а : 10-Г _б : 11-Г _а : 11-Г _б : 13-Ч : 12-Ч ¹ : 12-Ч ² : 14-Ч ¹ : 14-Ч ² : 17-Р ³												
	бар/час	3530 \pm ± 350	4280 \pm ± 430	2090 \pm ± 310	2280 \pm ± 340	3265 \pm ± 230	2840 \pm ± 280	2160 \pm ± 430	2600 \pm ± 300	3760 \pm ± 500	2670 \pm ± 240	2420 \pm ± 240	3850
\dot{H}	рад/час	400 \pm ± 40	-	335 \pm ± 50	340 \pm ± 50	420 \pm ± 30	390 \pm ± 40	209 \pm ± 40	300 \pm ± 30	400 \pm ± 50	320 \pm ± 25	240 \pm ± 30	-

- 1/ Данные получены с использованием спектра 1 / см. рис. 2 /;
- 2/ Данные получены с использованием спектра 3 / см. рис. 2 /;
- 3/ Измерения выполнены на поверхности фантома.

Таблица 3

Результаты измерений мощности эквивалентной (\dot{H}) и поглощенной (\dot{D}) доз нейтронов в пучке ИБР-30 на расстоянии 68,5 м от активной зоны реактора
/ $\bar{W} = 15$ кВт /

Номер детектора, метода (см. табл. 1):	: 2-0 ¹ : 3-0 : 8-0 : 14-Ч _а ² : 14-Ч _б ² : 17-Р : 7-0									
	бар/час	(34,2 \pm ,8) ³	60,0 \pm 5	13,6 \pm 1,1	27 \pm 3	29 \pm 4	26 \pm 3	45	34 \pm 5	-
\dot{H}	рад/час	(14,6 \pm 1,2)								
\dot{D}	рад/час	(4,5 \pm 0,3)	6,2 \pm 0,5	-	3,2 \pm 0,5	3,7 \pm 0,5	3,3 \pm 0,5	-	-	-

- 1/ Данные получены вычитанием из показаний рекомбинационных дозиметров /1-0/ и /2-0/ дозы у-излучения, измеренной графитовой камерой /6-0/.
- 2/ Данные получены с использованием спектра 1 / см. рис. 3 /.
- 3/ В скобках указаны результаты измерений на поверхности фантома.

Таблица 4

Результаты измерения мощности дозы γ -излучения /рад/ч/ на разных расстояниях от активной зоны реактора (R) / W = 15 кВт/

номер детектора, метода	R = 8,8 м		R = 68,5 м	
	в свободном воздухе	на фантоме	в свободном воздухе	на фантоме
3-0	54,2±5,5	I36±I4	0,67±0,08	I,43±0,13
4-0	-	-	0,55±0,04	I,4±0,1
5-0	60±24	I04±20	-	-
6-0	-	-	0,58±0,04	0,95±0,06
9-Г а)	48±7	I77±27	-	-
9-Г б)	39±6	I08±I6	-	-
9-Г в)	47±7	I15±I7	-	-
I5-Ч а)	43,7±2,4	I09±I2	0,45±0,07	I,15±0,12
I8-Р	34,0	-	3,0	-

Из рассмотрения данных, приведенных в табл.2-4, следует, что разброс значений доз нейтронов и гамма-излучения превышает 30%. Как известно, эту величину /30%/ МКРЕ рекомендует /33/ для оценки достаточной точности при измерениях доз, сопоставимых с предельно допустимыми величинами.

В этой работе мы не будем подробно обсуждать причины расхождения данных, полученных разными методами. Мы остановимся на возможных причинах неадекватности показаний только некоторых из используемых методик. Завышение поглощенной и эквивалентной доз нейтронов рекомбинационным дозиметром REM-2, вероятно, связано с повышенным /относительно тканезквивалентного состава/ содержанием водорода в газе, наполняющем камеру REM-2 /35/.

Спектрометрия нейтронов, по-видимому, является наиболее корректным методом установления дозиметрических параметров поля. Участники работы считают целесообразным стандартизовать средства спектрометрии и метод восстановления спектра нейтронов. В полях с высокой интенсивностью целесообразно принять за основу активационные детекторы; а в полях с низкой плотностью потока - спектрометр Боннера. Для выбора наиболее эффективного метода восстановления спектров нейтронов в качестве стандартного целесообразно провести сравнение метода статистической регуляризации с другими способами восстановле-

ния. Необходимо также выполнить сравнения результатов измерений спектров других источников нейтронов указанными выше методами.

В повседневной индивидуальной дозиметрии использование спектрометров вряд ли целесообразно. Приходится использовать относительно простые детекторы, показания которых приблизительно пропорциональны эквивалентной дозе. Рассмотрение результатов, полученных дозиметрами такого типа показывает, что определенная с их помощью доза нейтронов не удовлетворяет рекомендациям МКРЕ /33/ по точности измерения. В частности, анализ причин расхождения результатов ИФКн/3-0/ с данными, полученными с помощью активационных детекторов /8-0/, показал, что только 65% полной дозы нейтронов будет зарегистрировано, если использовать градуировку с помощью $^{239}\text{Pu}-\text{Be}$ источника. Для достижения лучшей точности определения доз нейтронов в поле реактора с помощью индивидуальных дозиметров градуировку следует проводить на источниках, спектр нейтронов которых более близок к спектру реактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников В.Е. и др. Сравнение различных методов и приборов дозиметрии в полях излучений ускорителей протонов ОИЯИ. In: Proc. of the Symposium on Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes, vol.11, Vienna, 1973, p.363.
2. Голиков В.В. и др. ОИЯИ, 3-5736, Дубна, 1971.
3. Зельчинский М. и др. ОИЯИ, P16-5383, Дубна, 1970.
4. Zielczynski M., Zarnowiecki K. A Differential Recombination Chamber. In: Neutron Monitoring. IAEA, Vienna, 1966, p.125.
5. Золин Л.С., Лебедев В.Н., Салацкая М.И. АЭ, 1962, 13, с.467.
6. Комочков М.М., Салацкая М.И. ОИЯИ, P16-9780, Дубна, 1976.
7. Becker K. Solid State Dosimetry. CRC Press, Cleveland, Ohio, USA, 1973.
8. Бочвар И.А. и др. Метод дозиметрии ИКС. Атомиздат, М., 1977.
9. Zielczynski M. Report IBJ No.148/XIX/D/B; Warszawa, 1973, p.8.
10. Алейников В.Е. и др. ОИЯИ, P16-9123, Дубна, 1975.
11. Алейников В.Е. и др. ОИЯИ, P16-9621, Дубна, 1976.
12. Blechschmied E. Diplomarbeit, TU Dresden, Sektion Physik, 1973.
13. Dorschel D. Диссертация А., Технический университет, Дрезден, 1970.

14. Dorschel B. Kernenergie, 1971, 14, p.360.
15. Prokert K. TU-Informationen 05-2-75, 1975.
16. Dorschel B. Диссертация Б, Технический университет, Дрезден, 1977.
17. Streubel G. Диссертация А, Технический университет, Дрезден, 1977.
18. Prouza Z., Hermanska J. Report P-09-335-053-05/13, BVF, Praha, 1975.
19. Nicodemova D., Hradovkova A., Minarok F. Report SZS-153, 1973, p.19.
20. Никодимова Д. и др. Нейтронная аварийная дозиметрическая система с использованием активационных и делительных детекторов. Сб. докладов Международного симпозиума стран СЭВ "Новые методы индивидуальной дозиметрии", Градец Кралове, 1977, с.218.
21. Solniska H. et al. Report P-09-335-053-05/7, Pribram, 1973.
22. Trousil J., Singer G., Marsal J. In: Proc. of the Symposium on Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes, Vienna, 1973, vol.2, p.139.
23. Spurny F., Turek K. In: Proc. of 9th Int. Conf. on Solid State Nucl. Track Detectors. Neuherberg, 1976.
24. Spurny F., Medioni R., Portal C. Jaderna Energie, 1975, 21, p.415.
25. Charpuis A.M. Nore CCA-N-1895, 1976.
26. Драгу А., Хашиган Д., Николае М. Нейтронный спектрометр для смешанного поля излучения. В сб. докладов научно-технической конференции СЭВ "Проблемы обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации атомных электростанций", ЧССР, сентябрь 1975, т.2, с.148.
27. Streubel G., Dörschel B. Kernenergie, 1977, 20, p.49.
28. Streubel G. TU-Informationen 05-30-76, 1976.
29. Грабовцова А., Никодимова Д. Оценка методик анализа нейтронных спектров и доз, используемых для аварийной дозиметрии с помощью активационных детекторов. Доклад на VIII конференции "Радиогигиенические дни", ЧССР, Медлов, 1977.
30. Бамблевский В.П., Гречко В.В. ОИЯИ, Б1-16-12123, Дубна, 1979.
31. Rindi A. Health Phys., 1974, vol.27, No.3, p.322.
32. Rindi A. Health Phys., 1977, vol.33, No.3, p.264.
33. ICRU Report 20, Radiation Protection, Instrumentation and its Application. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D.C., 1971, p.7. См. также: Радиационная безопасность. Величины, единицы, методы и приборы. Доклады 19 и 20 МКРЕ /пер. с англ. под ред: И.Б.Кеирим-Маркуса/, Атомиздат, М., 1974.
34. Zielczynski M. In: Biophysical Aspects of Radiation Quality. Second Panel Report IAEA, Vienna, 1968, p.125.
35. Höfert M. A Comparison of Dose Equivalent Measurements Around a GeV Proton Acceleration. Report DI/HP 187, CERN, Geneva, 1975.
36. Aleinikov V.E. et al. In: Proc. of IV Int.Congress IRPA (April, 1977, Paris), 1977, vol.3, p.831.
37. Streubel G., Golle G. TU-Informationen 05-42-76, 1976.
38. Firmenprospekt TL-System VA-M-65, VEB RFT Messelektronik, Dresden, 1973.
39. Бамблевский В.П., Гречко В.В. ОИЯИ, Р16-12069, Дубна, 1978.
40. Алейников В.Е. и др. ОИЯИ, Р16-12122, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 июня 1980 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники