

точность которого убывает с ростом θ_0 . Тем не менее, как следует из рис. 4, это приближение удовлетворительно до $\theta_0 \approx 60^\circ$.

Предположение, лежащее в основе развитой методики, что только квазисвободные нуклоны обуславливают распределение межъядерного каскада, должно приводить к некоторому занижению результатов, поскольку наиболее высокоэнергетическая часть спектра каскадных нуклонов также может влиять на распространение каскада. Поскольку с уменьшением энергии источника показатель анизотропии квазисвободных нуклонов быстро снижается, а с ростом атомной массы вещества заметно уменьшается их множественность n_{ij} (см. таблицу), роль каскадных нуклонов возрастает и, следовательно, увеличивается погрешность, вызванная таким приближением. Эта тенденция прослеживается на рис. 2.

В целом, по-видимому, можно заключить, что погрешность выражений, как правило, не превышает фактора 2 как для дифференциальных, так и для интегральных характеристик плотности потока нуклонов при любом расстоянии от источника, если выполняются следующие условия: $0,1 \leq E_0 \leq 1$ ГэВ; $\theta_0 \leq 60^\circ$; $A \leq 207$.

Сравнение с экспериментальными данными и результатами расчетов других авторов показывает [13, 16], что разработанная методика с использованием предложенных в настоящей работе параметров неупругого взаимодействия позволяет получить удовлетворительное согласие результатов. Расхождения сравнимы с погрешностями, обусловленными неопределенностью имеющихся данных по интегральным и дифференциальным сечениям взаимодействия нуклонов с ядрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барашенков В. С., Соболевский Н. М., Тонеев В. Д. — Атомная энергия, 1972, т. 32, вып. 2, с. 123; Препринт ОИЯИ, Р2-5719. Дубна, 1971.

2. Coleman W., Alsmiller R. — Nucl. Sci. Engng, 1968 v. 34, p. 104.
3. Мохов Н. В. Препринт ИФВЭ 76-64. Серпухов, 1976; Байшев И. С., Кучинин С. Л., Мохов Н. В. Препринт ИФВЭ 78-2. Серпухов, 1977.
4. Alsmiller R. e.a. — Nucl. Sci. Engng, 1969, v. 36, p. 251.
5. Гельфанд Е. К., Серов А. Я., Сычев Б. С. — В кн.: Труды Радиотехнического ин-та, 1974, № 20, с. 136; в кн.: Вопросы дозиметрии и физики защиты от излучений. Вып. 16. М., Атомиздат, 1977, с. 4.
6. Алейников В. Е., Крючков В. П. Препринт ОИЯИ, Р16-8177. Дубна, 1974.
7. O'Brien K. — Nucl. Instrum. Meth., 1969, v. 72, p. 93.
8. Комочков М. М., Сычев Б. С. — Атомная энергия, 1963, т. 15, вып. 4, с. 325; Препринт ОИЯИ, Р2-3315, Дубна, 1967; Сычев Б. С. Препринт ОИЯИ, Р16-3593, Дубна, 1967.
9. Казарновский М. В., Парьев Э. Я. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0040. М., 1976.
10. Казарновский М. В., Серезников С. В. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0042. М., 1976.
11. Казарновский М. В. и др. — В кн.: Труды пятого Всесоюз. совещания по ускорителям заряженных частиц. Т. 1. М., Наука, 1977, с. 220.
12. Казарновский М. В., Серезников С. В. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0077. М., 1978.
13. Казарновский М. В., Серезников С. В. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0100, М., 1978.
14. Казарновский М. В., Серезников С. В. — В кн.: Труды второй Всесоюз. науч. конф. по защите от ионизирующих излучений ядерно-технических установок. Тезисы докладов. М., изд. МИФИ, 1978, с. 17.
15. Казарновский М. В. и др. Там же, с. 16.
16. Казарновский М. В. и др. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0133. М., 1980.
17. Казарновский М. В., Парьев Э. Я. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0171. М., 1980.
18. Смелов В. В. Лекции по теории переноса нейтронов. М., Атомиздат, 1978.
19. Ильинов А. С. Препринт ОИЯИ, Б1-4-5478. Дубна, 1970.
20. Wick G. — Phys. Rev., 1949, v. 75, p. 738.
21. Дэвисон Б. Теория переноса нейтронов. М., Атомиздат, 1960.
22. Соболевский Н. М. Препринт ОИЯИ Б1-2-5458. Дубна, 1970.

Поступила в Редакцию 28.05.80

УДК 621.039.58'68

Сравнение средств измерения спектра нейтронов и дозы излучения в пучке ИБР-30

ДЕРЖЕЛЬ Б., ПРОКЕРТ К., ШТРОЙБЕЛЬ Г., ШУРИХТ Ф. (Дрезденский Технический университет, ГДР); АЛЕЙНИКОВ В. Е., АРХИПОВ В. А., БАМБЛЕВСКИЙ В. П., КАСАНОВ Г. Я., КОМОЧКОВ М. М., САЛАЦКАЯ М. И., ЧЕРЕВАТЕНКО А. П. (ОИЯИ); ГРЕЧКО В. В. (ИЯИ АН СССР); АПОСТОЛ А., ДРАГУ А., НИКОЛАЕ М., ХАШИГАН Д. (Бухарестский Институт физики и ядерной технологии, СРР); ГАЛАН П., ГРАБОВЦОВА А., НИКОДЕМОВА Д. (Братиславский Институт гигиены труда и профзаболеваний, ЧССР); СПУРНЫ З., СПУРНЫ Ф., ТУРЕК К. (Институт радиационной дозиметрии АН ЧССР, ЧССР); ПРОУЗА З., СОЛНИЦКА Г. (Институт биофизики, Карлов университет, ЧССР); КУБЕЧКОВА И. (Политехнический институт, ЧССР)

Сравнение методов и средств дозиметрии для 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 как

Используемые детекторы, методы и приборы

№ детектора, метода	Метод и средство измерения	Излучение	Энергетический диапазон, эВ	Измеряемый диапазон и размерность
1—0 *	Рекомбинационный дозиметр [4]	n γ	Без ограничений $E_{\gamma} \geq 10^5$	0,3—10 ⁴ бэр/ч 0,1—10 ³ рад/ч
2—0	Рекомбинационный дозиметр REM-2 [5]	n γ	Без ограничений $E_{\gamma} \geq 10^5$	10 ⁻³ —10 ² бэр/ч 3·10 ⁻⁴ —10 рад/ч
3—0	Дозиметр ИФКн [6,7]	n γ	10 ⁻² —1,5·10 ⁷ $E_{\gamma} \geq 10^4$	0,02—100 бэр 0,02—70 рад
4—0	ТЛД **-700 [8]	γ	$E_{\gamma} \geq 2 \cdot 10^4$	10 ⁻² —10 ⁻³ рад
5—0	Дозиметр ИРС-А [9]	γ	$E_{\gamma} \geq 5 \cdot 10^4$	0,5—7·10 ³ рад
6—0	Ионизационная графитовая камера (КГ), наполненная СО ₂ до 21 кгс/см ² [10]	γ	$E_{\gamma} \geq 10^5$	2·10 ⁻⁴ —10 ³ рад/ч
7—0	Индий в шаровом полиэтиленовом замедлителе диаметром 25,4 см	n	$\leq 1,5 \cdot 10^7$	$> 0,075$ бэр/ч
8—0	Активационные детекторы [11—14]	n	10 ⁻² —1,5·10 ⁷	$> 10^4$ см ⁻² ·с ⁻¹
9—Г	ТЛД: а) СаF ₂ : Mn—PTFE [15] в оболочке из тефлона 12 мм б) СаF ₂ : Mn—PTEF [15] в) СаF ₂ : Mn софитты VA-S-220 [16]	γ γ γ	$\geq 6 \cdot 10^4$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 5 \cdot 10^{-1}—2 \cdot 10^4$ рад
10—Г	Трековые детекторы [17, 18]: а) слюда с ²³⁵ U, ²³⁵ U в Cd, прирU б) слюда с ²³⁵ U, ²³⁵ U в Cd, ²³² Th	n n	10 ⁻² —1,5·10 ⁷ 10 ⁻² —1,5·10 ⁷	10 ⁹ —5·10 ¹² см ⁻² 10 ⁷ —3·10 ¹² см ⁻²
11—Г	Активационные детекторы [19, 20, 21]: а) Au, Au в Cd, S б) 21 активационный детектор	n n	10 ⁻² —1,5·10 ⁷ 10 ⁻² —1,5·10 ⁷	$> 10^4$ см ⁻² ·с ⁻¹ $> 10^4$ см ⁻² ·с ⁻¹
12—Ч	Активационные детекторы [22, 23]: NaF NaF/Cd S	n n n	0—0,4 $> 0,4$ $> 2,5 \cdot 10^6$	$> 10^4$ см ⁻² ·с ⁻¹ $> 10^4$ см ⁻² ·с ⁻¹ $> 10^4$ см ⁻² ·с ⁻¹
13—Ч	Активационные детекторы Au+Cd, Mn, Cu, Na, Al, S, In, Zn [24, 25]	n	10 ⁻² —2·10 ⁷	$> 10^5$ см ⁻² ·с ⁻¹
14—Ч	Трековые детекторы [26, 27]: а) MELIMEX+(U, Th+U) б) Стекло с ²³² Th в) Нитрат целлюлозы Kodac LR-415 г) Поликарбонат MAKROFOL-E	n n n n	$> 0,4$ $> 1,2 \cdot 10^6$ $> 2,5 \cdot 10^6$ $> 8 \cdot 10^5$	10 ⁶ —10 ¹¹ см ⁻² 10 ⁸ —10 ¹² см ⁻² 10 ⁷ —10 ¹² см ⁻² 10 ⁹ —10 ¹² см ⁻²
15—Ч	ТЛД [28]: а) СаSO ₄ LiF Al ₂ O ₃ } — порошки б) LiF (порошок)	γ γ γ n	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} > 10^4$ $\sim 0,025$	10 ⁻⁴ —10 ⁴ рад 10 ⁻³ —10 ⁴ рад 1—10 ⁵ рад 5·10 ⁴ —5·10 ¹¹ см ⁻²
16—Ч	РФЛД *** (стекло) РВЗЗ [29]	γ n	$> 10^5$ $\sim 0,025$	1—10 ⁴ рад 10 ⁸ —10 ¹² см ⁻²
17—Р	Нейтронный спектродозиметр [30]	n	10 ⁻¹ —1,4·10 ⁷	10 ⁻² —10 ² бэр
18—Р	ТЛД [30]	γ	$> 10^4$	10 ⁻⁴ —10 ⁴ рад

* О, Ч, Г, Р — детекторы из ОИЯИ, Чехословакии, ГДР и Румынии.

, * ТЛД, РФЛД — термо- и радиофотолуминесцентный детектор соответственно.

в повседневной практике контроля, так и аварийных ситуациях. В ОИЯИ такое сравнение проводится с 1969 г. в поле рассеянного излучения ускорителей [1]. С 1974 г. сравнительные измерения выполняют на импульсном быстром реакторе ИБР-30 [2] в пучке излучения, спектр нейтронов которого близок к типичному спектру реактора и известен в широком диапазоне энергий [3]. В работе участвуют представители различных научных центров стран — участниц ОИЯИ (ГДР, ПНР, СССР, СРР, ЧССР). В настоящей работе приведены основные результаты, полученные сотрудниками

ОИЯИ и некоторых научных центров стран — участниц ОИЯИ.

Методы и средства измерения, условия облучения. В табл. 1 указаны приборы и методики, используемые в экспериментах по сравнению с полученными с их помощью значениями поглощенной и эквивалентной дозы и флюенса нейтронов. Более подробные сведения о возможностях детекторов и методик, способах обработки информации можно получить в приведенной литературе.

Специалисты ГДР определяли активационными детекторами спектр от энергии тепловых нейтронов

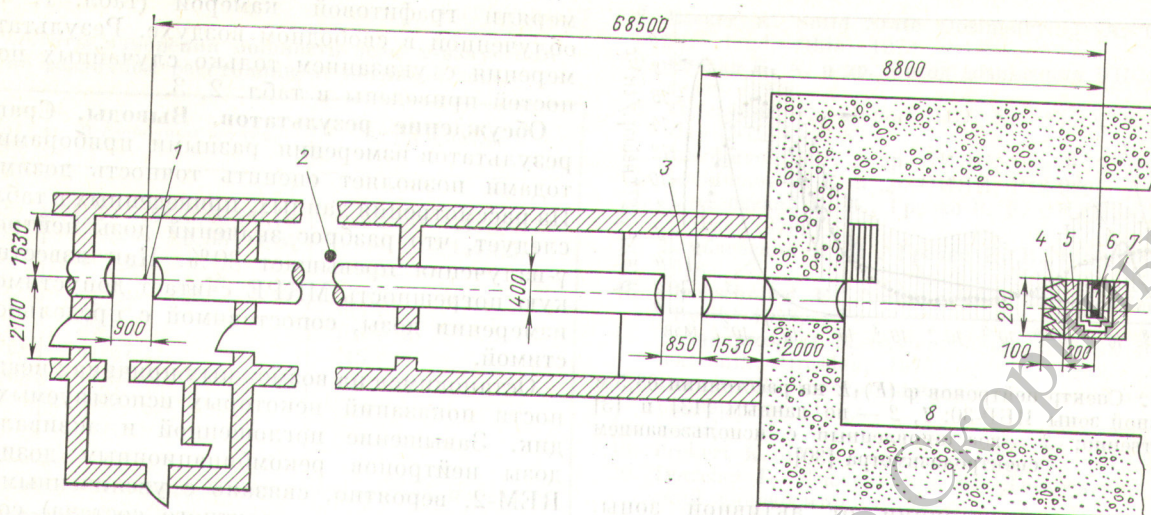


Рис. 1. Геометрия облучения: 1, 3 — места сравнения; 2 — монитор пучка; 4, 5 — гребенчатый и водяной замедлители; 6, 7 — стационарная и подвижная зоны реактора; 8 — зал реактора

до 10^4 эВ при $E > 0,7$ МэВ. Между указанными интервалами его интерполировали [20, 21, 31, 32, 33]. Спектр быстрых нейтронов восстанавливали итерациями [21, 31, 32] по показаниям пороговых детекторов, в качестве нулевого приближения использовали спектр деления. Участники работы из Румынии спектр определяли нейтронным спектродозиметром [30] — трековыми детекторами из нитрата целлюлозы в контакте с радиаторами из бора, лития, углерода и алюминия. Восстанавливали его модельными функциями. Специалисты Чехословакии при определении спектра использовали метод САНД [34], измеряя радиоактивность детекторов (см. табл. 4, 13—Ч) и применяя эффективные сечения реакций. Этот итерационный вычислительный метод основан на определенном первом приближении, которое уточняется в ходе итерационного процесса. Сотрудники ОИЯИ и ИЯИ АН СССР восстанавливали спектр нейтронов энергией $> 10^{-8}$ МэВ статистической регуляризацией по данным, полученным после облучения активационных детекторов, в том числе детекторов тепловых нейтронов в шаровых полиэтиленовых замедлителях [13, 14].

Геометрия облучения в пучке № 6 [3] показана на рис. 1. Проведено три эксперимента в 1974, 1975 и 1977 гг. при мощности реактора 15 и 21 кВт, частоте следования импульсов излучения 5 Гц. Условия облучения контролировали двумя мониторами, один из которых реагировал на изменение мощности реактора, другой — интенсивности излучения в пучке. Однородность поля излучения в пучке на расстоянии 8,8 м определяли трековыми (стекло в контакте с ^{232}Th) [26], активационными (из меди) и термолуминесцентными детекторами [28], а на расстоянии 68,5 м — термо-

люминесцентными детекторами. В пределах погрешностей измерения неоднородность поля не обнаружена. Большинство детекторов облучали в свободном воздухе и на поверхности фантомов. Измерения рекомбинационным дозиметром (РД) выполняли в водном эллиптическом фантоме, погружая камеру в фантом вплотную к его передней стенке, так что измеренная с использованием РД мощность дозы относится к толщине воды $\sim 1,4$ см (см. табл. 1).

Результаты измерения. На рис. 2 и 3 показаны данные определения спектра нейтронов в воздухе

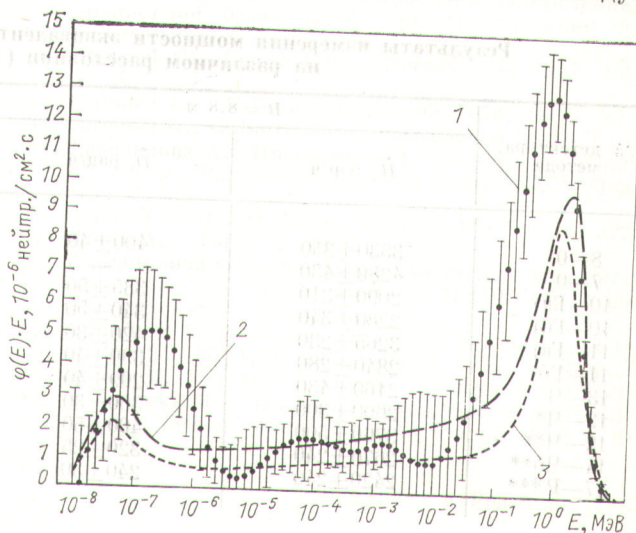
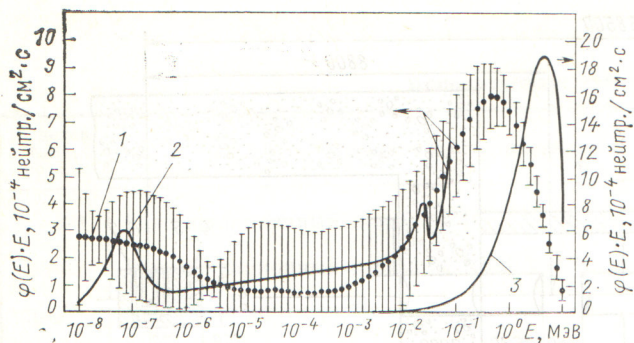


Рис. 2. Спектр нейтронов $\phi(E) \cdot E$ на расстоянии 8,8 м от активной зоны ИБР-30: 1, 2, 3 — по данным [13], [38] и [24, 25] соответственно; $\phi(E)$ — дифференциальная энергетическая зависимость плотности потока нейтронов, $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{МэВ}^{-1}$; E — энергия нейтронов, МэВ



Р и с. 2. Спектр нейтронов $\varphi(E) \cdot E$ на расстоянии 68,5 м от активной зоны ИБР-30: 1, 2 — по данным [13] и [3] соответственно; 3 — восстановленный с использованием спектродозиметра [30]

на различном расстоянии от активной зоны. На рис. 3 для сравнения представлен спектр нейтронов, измеренный по времени пролета [3]. Для удобства сопоставления результаты приведены к мощности реактора 15 кВт.

При вычислении поглощенной (D) и эквивалентной (H) дозы нейтронов на основе энергетических спектров переход от флюенса моноэнергетических нейтронов к D и H выполняли с применением формул [35, 36], аппроксимирующих рекомендованные МКРЕ значения [37]. При определении с использованием РД и REM-2 мощности эквивалентной дозы, обусловленной нейтронами, из значения полной мощности вычитали значение мощности дозы γ -излучения в пучке, которое из-

меряли графитовой камерой (табл. 1, 6—О), облученной в свободном воздухе. Результаты измерения с указанием только случайных погрешностей приведены в табл. 2, 3.

Обсуждение результатов. Выводы. Сравнение результатов измерения разными приборами и методами позволяет оценить точность дозиметров. Из рассмотрения данных, приведенных в табл. 2, 3, следует, что разброс значений дозы нейтронов и γ -излучения превышает 30%. Как известно, такую погрешность МКРЕ считает допустимой при измерении дозы, сопоставимой с предельно допустимой.

Остановимся на возможных причинах неадекватности показаний некоторых используемых методик. Завышение поглощенной и эквивалентной дозы нейтронов рекомбинационным дозиметром REM-2, вероятно, связано с увеличенным (относительно тканезквивалентного состава) содержанием водорода в газе, наполняющем камеру [39, 40]. Спектрометрия нейтронов, по-видимому, является наиболее корректным методом установления дозиметрических параметров поля. Участники работы считают целесообразным стандартизировать средства спектрометрии и метод восстановления спектра нейтронов: в поле высокой интенсивности следует принять за основу активационные детекторы, в поле с низкой плотностью потока — спектрометр Боннера. Для выбора наиболее эффективного метода восстановления спектра нейтронов в качестве стандартного целесообразно сравнить метод статистической регуляризации

Таблица 2

Результаты измерения мощности эквивалентной ($\dot{H}$) и поглощенной ($\dot{D}$) дозы нейтронов на различном расстоянии (R) от активной зоны ИБР-30

№ детектора, метода	$R = 8,8 \text{ м}$		№ детектора, метода	$R = 68,5 \text{ м}$	
	$\dot{H}$, бэр/ч	$\dot{D}$, рад/ч		$\dot{H}$, бэр/ч	$\dot{D}$, рад/ч
8—О	3530±350	400±40	1—О **	(34,2±2,8)	(4,5±0,3)
7—О	4280±430	—	2—О **	60±5	6,2±0,5
10—Га)	2090±310	335±50	3—О **	13,6±1,1 (14,6±1,2)	—
10—Гб)	2280±340	340±50	8—О **	27±3	3,2±0,5
11—Га)	3265±230	420±30	14—Ч а) *	29±4	3,7±0,5
11—Гб)	2840±280	390±40	14—Ч б) *	26±3	3,3±0,5
13—Ч	2160±430	209±40	17—Р	45	—
12—Ч*	2600±300	300±30	7—О	34±5	—
12—Ч**	3760±500	400±50			
14—Чб**	2670±240	320±25			
17—Р ***	2420±240	240±30			

* ** Данные получены с использованием соответственно спектров 1 и 3 на рис. 2.

*** Измерения выполнены на поверхности фантома.

4* Данные получены вычислением из показаний рекомбинационных дозиметров (1—О) и (2—О) дозы γ -излучения, измеренной графитовой камерой (6—О).

5* Данные получены с использованием спектра 1 на рис. 3.

В скобках указаны результаты измерения на поверхности фантома. 1 бэр = 0,01 Дж/кг; 1 рад = 0,01 Гр.

Результаты измерения мощности дозы γ -излучения на различном расстоянии от активной зоны

Таблица 3

№ детектора, метода	В свободном воздухе	На фантоме
3—0	54,2±5,5*	136±14*
4—0	0,67±0,08	1,43±0,13
5—0	0,55±0,04	1,4±0,1
6—0	—	104±20
9—Га	48±7	—
9—Гб)	39±6	0,95±0,06
9—Гв)	47±7	177±27
15—Ча)	43,7±2,4	108±16
18—Р	34	115±17
	0,45±0,07	109±12
	3	1,15±0,12

* Первое значение при $R=8,8$ м, второе — при $R=68,5$ м.

с другими способами. Необходимо также сравнить результаты измерения спектров других источников нейтронов указанными методами.

В повседневной индивидуальной дозиметрии использование спектрометров вряд ли целесообразно. Приходится применять относительно простые детекторы, показания которых приблизительно пропорциональны эквивалентной дозе. Рассмотрение результатов, полученных дозиметрами такого типа, показывает, что определенная с их использованием доза нейтронов не удовлетворяет рекомендациям МКРЕ по точности измерения. В частности, анализ причин расхождения результатов ИФКн (см. табл. 1,3—0) с данными, полученными активационными детекторами (см. табл. 1, 8—0), показал, что только 65% дозы нейтронов будет зарегистрировано, если использовать градуировку с помощью ^{239}Pu — Ве-источника. Для достижения большей точности определения дозы нейтронов в поле реактора градуировку индивидуальных дозиметров следует проводить на источниках, спектр нейтронов которых более близок к реакторному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейников В. Е. и др. — In: Proc. Symp. on Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes. V. 2, Vienna, IAEA, 1973, p. 363.
2. Алейников В. Е. и др. ОИЯИ Р16-12122. Дубна, 1979.
3. Голиков В. В. и др. ОИЯИ 3-5736. Дубна, 1971.
4. Зельчинский М. и др. ОИЯИ, Р16-5383. Дубна, 1970.
5. Zielczynski M., Zarnowieski K. — In: Neutron Monitoring. Vienna, IAEA, 1966, p. 125.
6. Золин Л. С., Лебедев В. Н., Салацкая М. И. — Атомная энергия, 1962, т. 13, вып. 5, с. 467.
7. Комочков М. М., Салацкая М. И. ОИЯИ, Р16-9780. Дубна, 1976.

8. Becker K. Solid State Dosimetry. USA, CRC Press, Cleveland, Ohio, 1973.
9. Бочвар И. А. и др. Метод дозиметрии ИКС. М., Атомиздат, 1977.
10. Zielczynski M. Report IBJ Nr. 148/XIX/D/B, Warszawa, 1973, p. 8.
11. Алейников В. Е. и др. ОИЯИ, Р16-9123. Дубна, 1975.
12. Алейников В. Е. и др. ОИЯИ, Р16-9621. Дубна, 1976.
13. Бамблевский В. П., Гречко В. В. ОИЯИ, Б2-16-12123. Дубна, 1979.
14. Бамблевский В. П., Гречко В. В. Р16-12069. Дубна, 1978.
15. Blechschmied E. Diplomarbeit, TU Dresden, Sektion Physik, 1973.
16. Firmenprospekt TL-System VA-M-65. VEB RFT Messelektronik, Dresden, 1973.
17. Dorschel B. Диссертация А. Дрезденский Технический университет, 1970.
18. Dorschel B. — Kernenergie, 1971, Bd 14, S. 360.
19. Prokert K. TU-Informationen 05-2-75, 1975.
20. Dorschel B. Диссертация Б. Дрезденский Технический университет, 1977.
21. Streubel G. Диссертация А. Дрезденский Технический университет, 1977.
22. Prouza Z., Hermanská J. Report P-09-335-053-05/13, BVF, Praha, 1975.
23. Solniska H. e.a. Report P-09-335-053-05/7, Pribram, 1973.
24. Nicodemova D., Hradovcova A., Minarok F. Report SZS-153, 1973, p. 19.
25. Никодимова Д. и др. — В кн.: Сб. докладов Межд. симпоз. стран СЭВ «Новые методы индивидуальной дозиметрии». ЧССР, Градец-Кралове, 1977, с. 218.
26. Spurny F., Turek K. — In: Proc. 9th Inter. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors. Neuerberg, 30.9—6.10 1976.
27. Trousil J., Singer G., Marsal J. — In: Proc. Somp. on Neutron Monitoring for Radiation Protection Purposes. V. 2. Vienna, IAEA, 1973, p. 139.
28. Spurny F., Medioni R., Portal C. — Jaderna Energie, 1975, v. 24, p. 415.
29. Chapuis A. Note CCA-N-1895, 1976.
30. Драгу А., Хашиган Д., Николае М. — В кн.: Сб. докладов научно-техн. конф. «Проблемы обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации АЭС». ЧССР, 1975, т. 2, с. 148.
31. Streubel G., Dorschel B. — Kernenergie, 1977, Bd 20, S. 49.
32. Streubel G. TU-Informationen 05-30-76, 1976.
33. Streubel G., Golle G. TU-Informationen 05-42-76, 1976.
34. Грабовцова А., Никодимова Д. — В кн.: Сб. докладов 8-й конф. «Радиогигиенические дни». ЧССР, Медлов, 1977, с. 16.
35. Rindi A. — Health Phys., 1974, v. 27, N 3, p. 322.
36. Rindi A. — Ibid., p. 264.
37. Радиационная безопасность. Величины, единицы, методы и приборы. Доклады 19 и 20 МКРЕ (пер. с англ.). М., Атомиздат, 1974.
38. Aleinikov V. e.a. — In: Proc. of IV Intern. Congress IRPA (24—30 April 1977). Paris, 1977, v. 3, p. 834.
39. Höfert M. Report DI/HP 187. Geneva, CERN, 1975.
40. Zielczynski M. — In: Biophysical Aspects of Radiation Quality. Second Panel Report. Vienna, IAEA, 1968, p. 125.

Поступила в Редакцию 7.07.80