

Рис. 2. Зависимость коэффициентов теплоотдачи от суммарного влияния паросодержания и паро-жидкостной смеси:

○ — данные работы [1] для паро-водяной смеси при $p = 170 \text{ атм}$ и $q = 2 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$; ● — то же при $q = 4,5 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$; ⊙ — то же при $q = 6 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$; ⊚ — то же при $q = 8 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$; 1, 2, 3, 4 — расчетные кривые, построенные по соотношению (3) для q , равного $2 \cdot 10^6$, $4,5 \cdot 10^6$, $6 \cdot 10^6$ и $8 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ соответственно; 5, 6, 7, 8 — кривые, построенные по соотношению, рекомендованному авторами [1], для тех же тепловых потоков соответственно; 9, 10, 11, 12 — кривые, построенные по соотношению (3), для $p = 100 \text{ атм}$ для тех же тепловых потоков соответственно; 13 — 16 — кривые, построенные по соотношению (4), для $p = 170 \text{ атм}$ для тех же тепловых потоков соответственно; 17 — то же для концентрических щелей при $q = 1,2 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$.

степень, рекомендованную авторами работы [1]. В этом случае расчетное соотношение имеет вид

$$\alpha = C \left(\frac{P_{\text{кр}}}{P_1} \right)^{0,12} \left(\frac{T_s}{T_{\text{кр}} - T_s} \right)^{2/3} \times q^{0,7} \left[1 + x \left(\frac{w_{\text{см}}}{w_{\text{к}}} \right)^{0,16} \right]^{-2,8} \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}} \quad (4)$$

Значение коэффициента C здесь принято также равным 0,8.

Из рисунка следует, что опытные данные работы [1], относящиеся к отрицательным паросодержаниям, хорошо описываются соотношением (4). Приведенные на этом рисунке наши опытные данные по теплоотдаче при кипении недогретой воды при давлении $p = 170 \text{ атм}$ на практически чистой греющей поверхности кольцевых каналов при вынужденном движении (кружочки, затемненные сверху) также аппроксимируются соотношением (4). Свободный коэффициент

в этом случае принят равным 1, 2 в соответствии с чистотой греющей поверхности. Эти опытные точки с весьма небольшим разбросом располагаются около аппроксимирующей кривой.

Поступило в Редакцию 3/VI 1969 г.
В окончательной редакции 13/XI 1969 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Н. В. Тарасова, А. А. Арманд, А. С. Кюньков. В сб. «Теплообмен при высоких тепловых нагрузках и других специальных условиях». Под ред. А. А. Арманда. М., Госэнергоиздат, 1959, стр. 6.
- Ф. Ф. Богданов. «Изв. АН СССР. Отд. техн. наук», № 4, 136 (1955).
- W. Elrod et al. Trans. ASME, 89, No. 3 (1967).

Выходы нейтронов из толстых мишеней, бомбардируемых протонами с энергиями 11,5 и 23,5 Мэв

В. К. ДАРУГА, Е. С. МАТУСЕВИЧ

УДК 621.384.633

Измерения были выполнены на циклотроне ФЭИ. Энергия протонного пучка определялась по пробегу в алюминиевых фольгах и полупроводниковым детектором. Во время измерений энергия составляла $11,5 \pm 0,5 \text{ Мэв}$ (молекулярный водород) и $23,5 \pm 0,7 \text{ Мэв}$ (атомарный водород).

Мишени из Li, Be, C, Mg, Al, Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Nb, Cd, Ta, W, Pb, Bi, U имели естественный изотопный состав и толщину, равную пробегу бомбардирующего протона.

Техника и методика проведения эксперимента были описаны ранее [1].

Абсолютные выходы нейтронов из толстых мишеней

Таблица 1

Мишень	$E_p = 11,5 \text{ Мэв}$		$E_p = 23,5 \text{ Мэв}$	
	$Y(0^\circ)$, нейтр/стер.мкк	$Y_{4\pi}$, нейтр/мкк	$Y(0^\circ)$, нейтр/стер.мкк	$Y_{4\pi}$, нейтр/мкк
Li	—	—	$9,5 \cdot 10^9 \pm 13\%$	$5,5 \cdot 10^{10} \pm 16\%$
Be	$6,3 \cdot 10^9 \pm 10\%$	$3,9 \cdot 10^{10} \pm 15\%$	$2,2 \cdot 10^{10} \pm 10\%$	$1,4 \cdot 10^{11} \pm 14\%$
C	$1,75 \cdot 10^7 \pm 6\%$	$1,1 \cdot 10^8 \pm 27\%$	$1,3 \cdot 10^8 \pm 9\%$	$8,0 \cdot 10^8 \pm 25\%$
Mg	—	$6,1 \cdot 10^8 \pm 17\%$	$1,0 \cdot 10^9 \pm 8\%$	$7,5 \cdot 10^9 \pm 15\%$
Al	$1,7 \cdot 10^8 \pm 10\%$	$1,35 \cdot 10^9 \pm 18,5\%$	$1,5 \cdot 10^9 \pm 8\%$	$1,15 \cdot 10^{10} \pm 13\%$
Ti	—	$4,8 \cdot 10^9 \pm 23\%$	$3,95 \cdot 10^9 \pm 10\%$	$3,6 \cdot 10^{10} \pm 14\%$
Fe	—	—	$2,8 \cdot 10^9 \pm 10\%$	$2,5 \cdot 10^{10} \pm 16\%$
Co	—	$5,0 \cdot 10^9 \pm 16\%$	$4,35 \cdot 10^9 \pm 10\%$	$3,7 \cdot 10^{10} \pm 14\%$
Ni	—	$4,6 \cdot 10^8 \pm 18\%$	$1,35 \cdot 10^9 \pm 8\%$	$1,0 \cdot 10^{10} \pm 16\%$
Cu	—	—	$4,1 \cdot 10^9 \pm 8\%$	$3,9 \cdot 10^{10} \pm 15\%$
Zn	—	$2,6 \cdot 10^9 \pm 23\%$	$3,3 \cdot 10^9 \pm 11\%$	$3,0 \cdot 10^{10} \pm 17\%$
Nb	$4,1 \cdot 10^8 \pm 7\%$	$4,6 \cdot 10^9 \pm 15\%$	$5,0 \cdot 10^9 \pm 8\%$	$5,0 \cdot 10^{10} \pm 12\%$
Cd	—	$3,7 \cdot 10^9 \pm 19\%$	$5,0 \cdot 10^9 \pm 8\%$	$5,2 \cdot 10^{10} \pm 14\%$
Ta	—	$1,2 \cdot 10^9 \pm 16\%$	$3,95 \cdot 10^9 \pm 10\%$	$5,0 \cdot 10^{10} \pm 14\%$
W	$9,5 \cdot 10^7 \pm 10\%$	$1,05 \cdot 10^9 \pm 19\%$	—	—
Pb	$5,0 \cdot 10^7 \pm 10\%$	—	$2,95 \cdot 10^9 \pm 11\%$	$3,5 \cdot 10^{10} \pm 18\%$
Bi	—	$5,6 \cdot 10^8 \pm 18\%$	—	—
U	$7,4 \cdot 10^7 \pm 7\%$	$9,0 \cdot 10^8 \pm 17\%$	$5,7 \cdot 10^9 \pm 11\%$	$7,0 \cdot 10^{10} \pm 14\%$

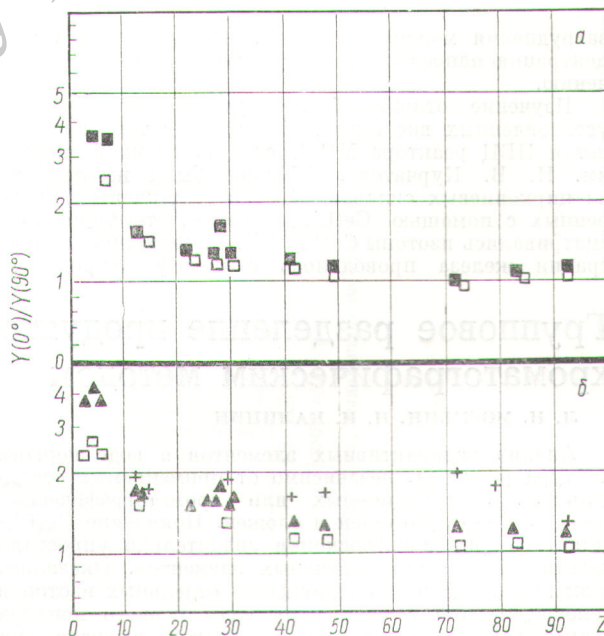
Абсолютные измерения выполнены с помощью «всеволонового» ВF₃-детектора. Угловые распределения нейтронов из мишеней измерялись следующими детекторами: сцинтиллятором ZnS(Ag) в плексиглазе и спинтиллятором В¹⁰ + ZnS(Ag) с полиэтиленовым замедлителем нейтронов толщиной 5 см. Фоны определялись с помощью теневого конуса. Полные выходы получены интегрированием площадей под кривыми угловых распределений с учетом спектров нейтронов и характеристик детекторов. Форма углового распределения в области $\theta > 140^\circ$ получена экстраполяцией. Угловые распределения для всех мишеней, кроме углеродной, плавно спадают от $\theta_{\text{лаб}} = 0$ до $\theta_{\text{лаб}} = 180^\circ$. Для углерода наблюдается увеличение выхода нейтронов как вперед, так и назад.

В табл. 1 приведены абсолютные выходы нейтронов в 4π и в направлении $\theta_{\text{лаб}} = 0^\circ$. В табл. 2 даны характеристики нейтронных спектров в области $E_n = 1 \div 6 \text{ Мэв}$ для $E_p = 23,5 \text{ Мэв}$ по параметрам T_W и T_L из представления спектров в виде $\sim E_n \exp(-E_n/T_W)$ и $\sim E_n^{5/11} \exp(-E_n/T_L)$ соответственно. Спектры нейтронов, летящих в направлении

$\theta_{\text{лаб}} = 0^\circ$ из легких мишеней (Li, Be, C), существенно отличаются от испарительных. Все спектры имеют различные значения T на участках $E_n < 3 \text{ Мэв}$ и $3 < E_n < 6 \text{ Мэв}$.

Параметры аналитического описания Таблица 2 спектров

Ми- шень	$\theta = 0^\circ$		$\theta = 90^\circ$	
	$T_W, \text{ Мэв}$	$T_L, \text{ Мэв}$	$T_W, \text{ Мэв}$	$T_L, \text{ Мэв}$
Li	0,7—1,2	0,8—1,4	0,7—1,0	0,8—1,1
Be	0,9—2,3	1,1—2,9	0,80—2,1	0,95—2,6
Al	1,0—2,7	1,2—3,9	0,9—2,2	1,1—2,6
Cu	0,95—1,55	1,2—1,8	0,8—1,2	0,95—1,4
Cd	0,85—1,45	1,0—1,3	0,75—1,1	0,95—1,25
Pb	0,85—1,1	1,1—1,25	0,8—0,9	1,0—1,1
U	1,0—1,27	1,25—1,45	0,95—1,25	1,25—1,4



Отношение выходов нейтронов $Y(0^\circ)/Y(90^\circ)$ из толстых мишеней, бомбардируемых протонами:
 а — $E_p = 11,5 \text{ Мэв}$, среднеквадратичная ошибка $\pm \delta = 5 \div 10\%$; б — $E_p = 23,5 \text{ Мэв}$, $\pm \delta = 10 \div 15\%$; □ — $E_n > 0$; ■ — $E_n > 1,6 \text{ Мэв}$; ▲ — $E_n > 1,8 \text{ Мэв}$; + — $E_n \geq 8 \text{ Мэв}$ из работы [3].

$< E_n < 6$ Мэв. Данные по спектрам нейтронов для $E_p = 11,5$ Мэв приведены в работе [2].

На рисунке представлены отношения выходов $Y(0^\circ)/Y(90^\circ)$ как функции Z ядер мишеней.

Авторы благодарят В. А. Дулина и Н. Н. Пальчикова за помощь в измерениях, а также А. А. Огнева за измерение энергии протонов.

Поступило в Редакцию 30/VI 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Даруга и др. Препринт ФЭИ, 1970 г.
2. В. К. Даруга и др. Бюллетень Информационного центра по ядерным данным. Вып. 6., М., Атомиздат, 1970.
3. В. Солен. Phys. Rev., 98, 49 (1955).

Способ определения концентрации железа в отложениях продуктов коррозии

Б. А. АЛЕКСЕЕВ, Н. Н. КОЖЕНКОВ, Г. А. КОТЕЛЬНИКОВ

УДК 621.039.553.36

Применяемая в настоящее время методика анализа величины наносных продуктов коррозии, образующихся в контурах ядерных реакторов, на образцах из сплавов циркония основана на кипячении их в 6 н. соляной кислоте. Однако растворение происходит очень медленно, а при этом возможны систематические ошибки за счет неполного растворения этих продуктов, основным из которых являются окислы железа. Указанные

Ошибки в определении железа оценивались точностью спектрофотометрического метода. Таким образом, в эксперименте выяснялась зависимость активности Co^{60} в смыве от концентрации железа в нем.

В результате анализа экспериментальных данных установлено, что в отложениях продуктов коррозии активность Co^{60} пропорциональна концентрации железа с точностью $\sim 10\%$ (см. таблицу). Этот факт может

Зависимость активности Co^{60} от концентрации наносного железа

Fe, мг/л ($\times 10^3$)	11	12	18	19	22	27	29	32	34	42	44	54	57	58	69
Co^{60} , имп/сек	4,0	6,5	8,5	8,0	10,0	12,0	13,0	10,5	14,5	19,0	16,5	21,0	17,0	23,0	27,0

затруднения можно устранить, если определять концентрацию наносных продуктов коррозии по их у-излучению.

Изучение отложений проводилось на образцах, установленных вне активной зоны, — в теплоносителе петли ПВД реактора МР Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Образцы были изготовлены из циркониевых сплавов. В спектре γ -квантов, измеренных с помощью Ge(Li)-детектора, отчетливо просматривались изотопы Co^{60} и Cr^{51} . Определение концентрации железа проводилось с орто-фенантролином.

быть использован для экспрессных и дистанционных определений концентрации наносного железа на образцах, а также на трубопроводах для изучения кинетики смыва отложений и других аналогичных задач.

В заключение авторы выражают благодарность В. Ф. Козловой за помощь при монтаже спектрометра, В. А. Ермакову за ценные замечания, В. Ф. Леонову за обеспечение работы аппаратуры.

Поступило в Редакцию 17/VII 1969 г.
В окончательной редакции 1/VI 1970 г.

Групповое разделение продуктов деления хроматографическим методом

Л. Н. МОСКВИН, Н. П. КАЛИНИН

УДК 543.544.6

Анализ радиоактивных элементов в воде первого контура реактора, независимо от применяемых осадительных, экстракционных или хроматографических методов [1—3], длителен и сложен. Появление Ge(Li)-детекторов в γ -спектроскопии значительно упростило идентификацию радиоактивных элементов. Оказалось возможным оценивать содержание отдельных изотопов непосредственно по γ -спектру воды первого контура реактора [4]. Однако из-за различных выходов при делении, сечений активации для примесей и спектральных особенностей некоторые из радиоактивных изотопов не могут быть обнаружены непосредственно на фоне γ -спектра всей суммы активных продуктов в теплоносителе.

Авторы данной работы попытались совместить групповое экспрессное хроматографическое разделение про-

дуктов деления с последующей идентификацией на Ge(Li)-спектрометре, предусматривающее выделение наиболее высокоактивных примесей в контурной воде (иода и щелочных металлов) в отдельные группы.

Для количественного выделения радиоактивных элементов необходима их стабилизация в одной химической форме. Создание условий для хроматографического разделения продуктов деления обеспечивалось введением муравьиной кислоты. Будучи сильным восстановителем, она способствует переводу различных форм иода и брома в одну восстановленную форму I^- и Br^- , что позволяет количественно выделить эти элементы на колонке с сильноосновным анионитом (в нашем случае АВ-17) в форматной форме. При этом одновременно легко обеспечить необходимую кислотность раствора для отделения редкоземельных элементов