

Измерение полных нейтронных сечений ^{168}Yb и ^{169}Yb

АНУФРИЕВ В. А., БАБИЧ С. И., КОЛЕСОВ А. Г., НЕФЕДОВ В. Н., ПОРУЧИКОВ В. А.

В настоящей статье приведены данные о полных нейтронных сечениях и резонансных параметрах $^{168,169}\text{Yb}$ ($T_{1/2} = 31$ сут). Измерения выполнены методом времени пролета на нейтронном спектрометре, установленном на горизонтальном канале реактора СМ-2. Методика измерений описана в работе [1].

Для определения полного нейтронного сечения и резонансных параметров ^{168}Yb измерено пропускание двух образцов, обогащенных ^{168}Yb (15,6%). Характеристики этих образцов приведены в табл. 1.

Образец № 1 приготовлен из порошка Yb_2O_3 , засыпанного в герметичную алюминиевую ампулу внутренним диаметром 1,8 мм. Для более точного определения резонансных параметров «сильного» уровня ^{168}Yb с $E_0 = 0,590$ эВ приготовили тонкий образец № 2. Мишень с ^{169}Yb получали путем облучения образца, аналогичного образцу № 1, в реакторе СМ-2 до флюенса $3,2 \cdot 10^{20}$ нейтр./см 2 . За 175 сут провели несколько измерений пропускания облученного образца в целях идентификации уровней и определения количества ^{169}Yb .

Количество ^{169}Yb определяли по накоплению ^{169}Tm при β^+ -распаде ^{169}Yb из следующего выражения:

$$N_{^{169}\text{Yb}}^{t_i} = \frac{N_{^{169}\text{Tm}}^{t_{i+1}} - N_{^{169}\text{Tm}}^{t_i}}{1 - \exp[-\lambda_{^{169}\text{Yb}}(t_{i+1} - t_i)]},$$

где t_i — время i -го измерения пропускания, сут; $N_{^{169}\text{Tm}}^{t_i}$ — число ядер ^{169}Tm при i -м измерении пропускания; $\lambda_{^{169}\text{Yb}}$ — скорость распада ^{169}Yb , сут $^{-1}$. При расчете количества ^{169}Tm использовали резонансные параметры уровня с $E_0 = 3,9$ эВ, рекомендованные в работе [2]. На рис. 1 показано пропускание облученного образца иттербия в области уровня с $E_0 = 3,9$ эВ для двух измерений с интервалом времени 24 сут. Определено, что в момент окончания облучения в образце было $1,14 \cdot 10^{-4}$ ядер/б ^{169}Yb ; $1,9 \cdot 10^{-4}$ ядер/б ^{168}Yb и $0,22 \cdot 10^{-4}$ ядер/б ^{169}Tm .

В энергетической области 0,014—46 эВ обнаружено 4 уровня ^{168}Yb и 21 уровень ^{169}Yb . Методом формы по формуле Брейта — Вигнера рассчитаны их резонансные параметры. В табл. 2 приведены параметры нейтронных резонансов ^{168}Yb , которые сравниваются с данными, опубликованными в работах [3—5]. Уровни энергией 3,925 и 8,17 эВ, приводимые в публикации [4], нами не обнаружены.

Таблица 1

Состав образцов иттербия, ядер/б*

Номер образца	Изотоп Yb, [$\times 10^5$]						
	168	170	171	172	173	174	175
1	36,6	17,5	44,3	46,9	27,2	43,7	13,2
2	0,74	0,36	0,90	0,96	0,55	0,89	0,27

* $1 \text{ б} = 10^{-28} \text{ м}^2$

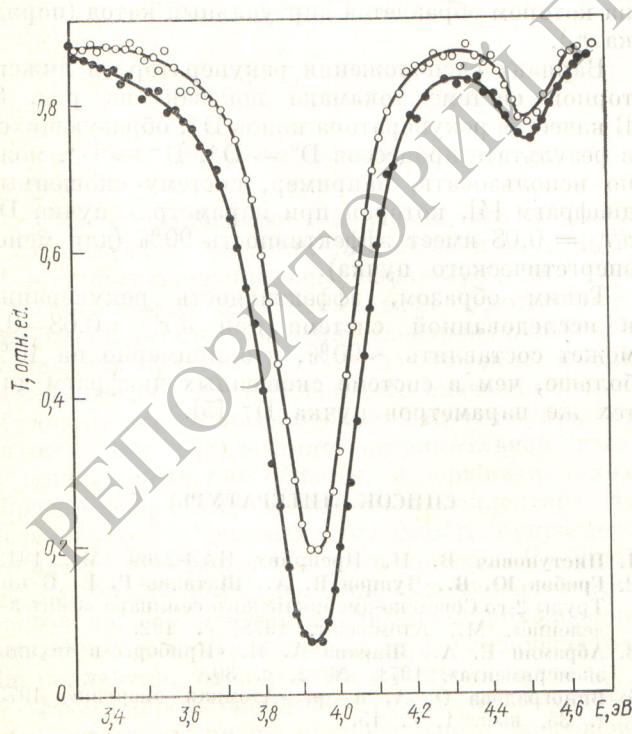


Рис. 1. Пропускание облученного образца иттербия в области энергии 3,4—4,6 эВ через 30 (●) и 6 (○) сут после облучения

Таблица 2

Параметры нейтронных резонансов ^{168}Yb

E_0 , эВ	Γ , мэВ	Γ_n , мэВ	
		настоящая работа	опубликованные данные
$0,590 \pm 0,005$	66 ± 3	$2,2 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,3$ [3] $2,1 \pm 0,2$ [4]
$9,71 \pm 0,01$	(90)	$0,08 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,06$ [4]
$22,44 \pm 0,05$	172 ± 9	$24,6 \pm 1,0$	50 ± 5 [4] 29 ± 2 [5]
$27,47 \pm 0,06$	(90)	$2,45 \pm 0,20$	$5,2 \pm 2,0$ [4]

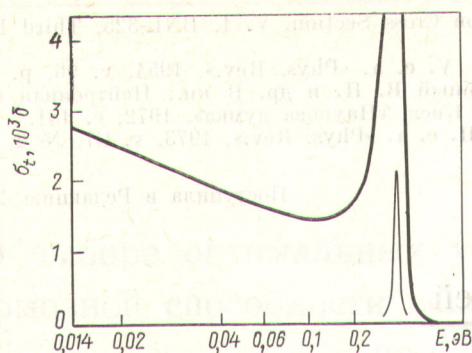


Рис. 2. Полное нейтронное сечение ^{168}Yb в области энергии 0,014—1 эВ. Вершины пиков уменьшены в 50 раз

По измеренному пропусканию рассчитана зависимость полного нейтронного сечения ^{168}Yb в области энергии нейтронов 0,014—1 эВ (рис. 2). Зависимость полного нейтронного сечения ^{168}Yb в указанной области описывается параметрами положительных уровней.

Полученное значение $\sigma_y^{2200} = (2200 \pm 170)$ б (сечение захвата ^{168}Yb в тепловой точке) значительно меньше, чем рекомендуемое в работе [2]. Это различие можно объяснить тем, что значение $\sigma_y^{2200} = 3470$ б [2] основано на результатах интегральных измерений с использованием либо метода кадмивой разности, либо измерений в тепловом максвелловском спектре нейтронов. Наличие же «сильного» нейтронного уровня с $E_0 = 0,590$ эВ, находящегося вблизи кадмивой границы, приводит к завышению сечения в тепловой точке, полученного интегральным методом.

По найденным параметрам рассчитан резонансный интеграл захвата ^{168}Yb , который равен $I_\gamma = (24700 \pm 3000)$ б. Значение I_γ меньше, чем рекомендуется в работе [2].

Параметры нейтронных резонансов ^{169}Yb

E_0 , эВ	Γ^* , мэВ	$2g\Gamma_n$, мэВ	E_0 , эВ	Γ^* , мэВ	$2g\Gamma_n$, мэВ
$0,807 \pm 0,005$	(80)	$0,42 \pm 0,03$	$23,3 \pm 0,1$	(80)	$2,9 \pm 0,5$
$1,32 \pm 0,01$	(80)	$0,046 \pm 0,08$	$24,4 \pm 0,1$	(80)	$1,0 \pm 0,5$
$2,19 \pm 0,02$	72 ± 9	$0,42 \pm 0,04$	$25,4 \pm 0,1$	(80)	$2,9 \pm 0,5$
$6,90 \pm 0,04$	(80)	$0,35 \pm 0,05$	$28,3 \pm 0,1$	(80)	$10,2 \pm 1,5$
$8,57 \pm 0,06$	(80)	$0,55 \pm 0,08$	$33,5 \pm 0,2$	(80)	$14,7 \pm 7,0$
$9,20 \pm 0,06$	75 ± 11	$2,7 \pm 0,2$	$33,9 \pm 0,2$	(80)	$9,3 \pm 5,0$
$12,31 \pm 0,07$	93 ± 12	$2,4 \pm 0,2$	$37,4 \pm 0,2$	(80)	$2,6 \pm 1,6$
$12,53 \pm 0,07$	(80)	$1,6 \pm 0,2$	$41,6 \pm 0,2$	(80)	$11,2 \pm 2,6$
$13,46 \pm 0,08$	(80)	$1,4 \pm 0,4$	$43,2 \pm 0,2$	(80)	$5,7 \pm 2,3$
$14,66 \pm 0,08$	103 ± 26	$6,2 \pm 0,6$	$45,4 \pm 0,2$	(80)	20 ± 10
$21,8 \pm 0,1$	(80)	$5,5 \pm 0,6$			

* $\Gamma = 80$ мэВ принято как среднее из измеренных значений Γ для уровней с $E_0 = 2,19, 9,20, 12,30$ и $14,66$ эВ.

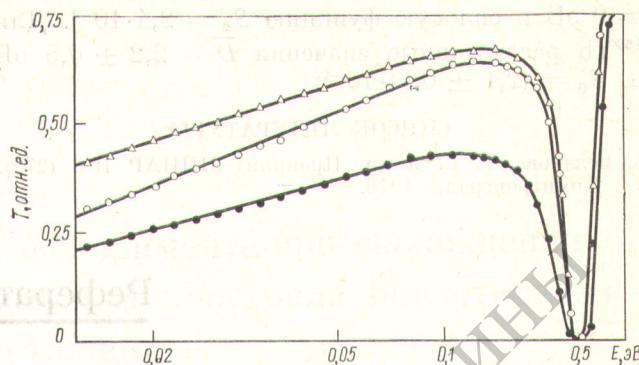


Рис. 3. Пропускание необлученного образца и два пропускания облученного образца в области энергии 0,014—1 эВ; ● — до облучения; ○ — 6 сут после облучения; △ — 80 сут после облучения

В табл. 3 приведены параметры нейтронных резонансов ^{169}Yb , а на рис. 3 — результаты двух измерений пропусканий облученного и одного измерения пропускания необлученного образца в тепловой области энергии нейтронов. Интервал измерений облученного образца 70 сут. Различие в пропусканиях облученного образца объясняется изменением количества ^{169}Yb и ^{169}Gm .

Полное нейтронное сечение ^{169}Yb в тепловой области энергии нейтронов показано на рис. 4. Поведение полного нейтронного сечения ^{169}Yb в тепловой области не описывается резонансными параметрами положительных уровней. Для ^{169}Yb значение $\sigma_y^{2200} = (3600 \pm 300)$ б. Рассчитанное значение $I_\gamma = (3800 \pm 500)$ б. Погрешность результатов измерений определялась в основном вкладом погрешности в определении количества ^{168}Yb (5 %) и ^{169}Yb (8 %).

Полученные результаты позволили оценить для ^{168}Yb среднее расстояние между уровнями $\bar{D} =$

Таблица 3

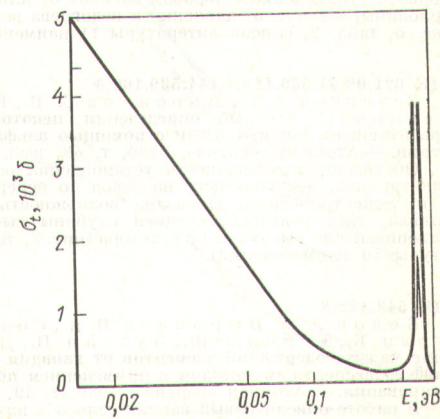


Рис. 4. Полное нейтронное сечение ^{169}Yb в области энергии 0,014—1 эВ. Вершины пиков уменьшены в 5 раз

$= 9$ эВ и силовую функцию $S_0 = 2,4 \cdot 10^{-4}$. Для ^{169}Yb рассчитанные значения $D = 2,2 \pm 0,5$ эВ и $S_0 = (2,4 \pm 0,7) \cdot 10^{-4}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беланова Т. С. и др. Препринт НИИАР П-6 (272).
Димитровград, 1976.

Поступила в Редакцию 22.10.79

- Neutron Cross Section. V. 1. BNL-325, Third Edition, 1973.
- Sailor V. e. a. «Phys. Rev.», 1954, v. 96, p. 1014.
- Вертебинский В. П. и др. В кн.: Нейтронная физика. Ч. 1. Киев, «Наукова думка», 1972, с. 181.
- Liou H. e. a. «Phys. Rev.», 1973, v. C7, № 2, p. 823.

Рефераты статей

УДК 621.039.003.2

Драганы М., Светлик Я. Ядерно-энергетический комплекс и главные направления научно-технического прогресса.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 75.

В настоящей статье описаны организационная и функциональная структуры ядерно-энергетического комплекса в ЧССР. При этом учитываются многосторонние и двухсторонние международные связи ЧССР в социалистической интеграции в рамках СЭВ. Подчеркивается общее (системное) понимание совокупности ядерно-энергетического хозяйства (рис. 3, список литературы 3 наименования).

УДК 621.039.51 : 539.125.52

Марковский Д. В., Шаталов Г. Е. Чувствительность характеристик гибридного реактора к спектрам вторичных нейтронов.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 79.

В работе рассматривается расчет коэффициентов чувствительности ключевых нейтрально-физических функционалов бланкета гибридного реактора — скорости деления, источника деления и скорости накопления трития — к спектрам вторичных нейтронов неупругих реакций. Для решения уравнения переноса нейтронов используется комбинация метода Монте-Карло в диапазоне 0,1—14,1 МэВ и P_1 -приближения ниже 0,1 МэВ. Коэффициенты чувствительности рассчитываются методом коррелированной выборки в верхнем диапазоне энергии. Рассмотрена чувствительность к спектрам нейтронов реакций $^{238}\text{U}(n, 2n)$; $^{238}\text{U}(n, 3n)$; $\text{Fe}(n, 2n)$, а также неупругорассеянных нейтронов с возбуждением континуума уровней $^{238}\text{U}(n, n')$ cont, $\text{Fe}(n, n')$ cont (рис. 2, табл. 4, список литературы 14 наименований).

УДК 621.039.587

Тихоненко Л. К., Карасев Э. К., Путовин С. З., Габараев Б. А., Трубкин Е. И. Исследование характеристик вставок ограничения расхода при моделировании аварийной разгерметизации контура реактора.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 83.

Представлено экспериментальное исследование критического истечения воды в широком диапазоне параметров на входе в сопло истечения (виде четверти дуги окружности с $R = 30$ мм), цилиндрической горловины (длиной до 160 мм и диаметром 10, 20 и 30 мм) и выходного расширяющегося участка (углы раскрытия 3, 6 и 180°). Обнаружено, что критическая массовая скорость существенным образом зависит от длины цилиндрической горловины, а также от давления и недогрева воды на входе в сопло (рис. 6, табл. 2, список литературы 11 наименований).

УДК 621.09.54:539.128.4.144:539.166.3

Зеленков А. Г., Ириков С. В., Родионов Ю. Ф., Швецов И. К. Об определении некоторых характеристик отработавшего топлива ВВЭР с помощью альфа- и гамма-спектро- метрии.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 86.

Обсуждается возможность установления основных характеристик топлива, поступающего на завод по переработке, с помощью спектроскопии. Показана возможность определения вида альфа- и гамма-спектрометрии. Показана возможность определения вида топлива, типа реактора, средней глубины выгорания и времени хранения после выгрузки из реактора (рис. 2, табл. 1, список литературы 10 наименований).

УДК 543.422.8

Белов А. Г., Выропаев В. Я., Содном Н., Далхасурэн Б., Гарбиш Ш., Зузан П., Даваа С. Определение малых содержаний элементов от ванадия до молибдена рентгенофлюоресцентным методом с применением нового варианта эталонирования.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 91.

В работе описан новый вариант способа внутреннего стандарта количественного определения малых ($\geq 0,5\%$) содержаний элементов от ^{23}V до ^{42}Mo рентгенофлюоресцентным методом с полупротивниковым детектором.

Определены ряд элементов в стандартных и рудных образцах по предлагаемой методике. Результаты анализа сравниваются с по предлагаемой методике. Оценена достоверность предлагаемой методики (рис. 4, табл. 2, список литературы 6 наименований).

УДК 546.799.4:143:543.42

Бавилов С. К., Казанцев Г. Н., Гущин В. В. Спектрофотометрическое изучение равновесия реакции $\text{Pu}^{4+} + \text{Cl}^- \rightleftharpoons 1/2\text{Cl}_2$ в расплаве $\text{NaCl} - 2\text{CsCl}$.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 94.

Спектрофотометрическим методом в ближней ИК-области изучено равновесие реакции $\text{Pu}^{4+} + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{Pu}^{3+} + 1/2\text{Cl}_2$ в расплаве $\text{NaCl} - 2\text{CsCl}$ для интервала температуры 550—750 °C. Найдено, что условная константа равновесия изучаемой реакции описывается уравнением $\lg K^* = 2,52 - 2570/T \pm 0,05$. Рассчитаны какующиеся окислительно-восстановительные потенциалы пары $\text{Pu}^{4+}/\text{Pu}^{3+}$ относительно хлорного электрода сравнения. Оценены изменения энергии Гиббса при образовании разбавленных растворов четырехвалентного плутония в расплаве $\text{NaCl} - 2\text{CsCl}$. Показано, что смещение жидкого тетрахлорида плутония с расплавом $\text{NaCl} - 2\text{CsCl}$ — процесс экзотермический (рис. 2, табл. 4, список литературы 10 наименований).

УДК 621.039.33

Алоев А. С., Каминский В. А., Кудзинев А. Г., Метревели Р. Ш. Определение коэффициентов разделения изотопов бора при дистилляции BCl_3 в интервале температуры 278—438 К.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 98.

В работе дифференциальным методом с использованием ртутного стеклянного дифференциального манометра исследованы изотопные эффекты в давлении паров $^{10}\text{BCl}_3$ и $^{11}\text{BCl}_3$ при 278—393 К в целях определения температурной зависимости коэффициента обогащения при дистилляции BCl_3 . Параллельно с этим определяли коэффициент разделения в процессе ректификации треххлористого бора на насадочной колонне при 300—438 К. Коэффициент обогащения оценивали по равновесному фактору разделения, достигнутому на колонне, с учетом значений ВЭТТ, рассчитанного для ректификации BCl_3 в насадочной колонне, и зависимости ВЭТТ от температуры давления.

Зависимость коэффициента обогащения от температуры, определенная этими методами, оказалась одинаковой с точностью до погрешности эксперимента. Полученные результаты показывают неизменность использования процесса ректификации BCl_3 для промышленного производства изотопов бора (рис. 2, табл. 2, список литературы 11 наименований).

УДК 543.53

Муминов В. А., Мухаммедов С., Васидов А. Возможности протонно-активационного анализа при определении содержания элементов по короткоживущим радионуклидам.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2, с. 101.

В работе методом активации толстых мишеньей для диапазона энергии протонов от 12 МэВ до порога реакции измерены выходы γ -квантов, излучаемых короткоживущими радионуклидами с периодами полураспада от 10 до 1000 с, образующихся в основном при ядерной реакции (p, n). По полученным результатам определена чувствительность определения 20 элементов ($2670 - 0,5 \cdot 10^{-9}$ г/г пртокте протонов 1 мкА и энергии 10 МэВ).

Найденные выходы радионуклидов сравниваются с выходами нуклидов, образующихся при облучении исследованных элементов тепловыми и быстрыми нейtronами и γ -квантами высокой энергии. Предел обнаружения при определении большинства из исследованных элементов равен $10^{-5} - 10^{-8}$ %, что не хуже предела обнаружения γ -активационного и пейтрально-активационного методов анализа (рис. 2, табл. 2, список литературы 19 наименований).

УДК 551.464.6.02

Бакуловский С. М., Катрич И. Ю., Краснопевцов Ю. В., Никитин А. И., Чумичев В. Б., Шкуров В. Н. Пространственное распределение и баланс ^3H и ^{137}Cs в Черном море в 1977 г.— «Атомная энергия», 1980, т. 49, вып. 2.

Представлены результаты измерений концентрации ^3H и ^{137}Cs в Черном море в сентябре—октябре 1977 г. Осредненное по всем акваториям содержание в поверхностных водах составило (51 ± 4) для ^3H и $(0,53 \pm 0,03) \mu\text{Ки/л}$ для ^{137}Cs . Приведены осредненные глубинные профили концентрации ^3H и ^{137}Cs и показано, что можно удовлетворительно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью.

Запас ^3H и ^{137}Cs по морю в целом составил $(12 \pm 3) \text{ МКи}$ ($42,4 \pm 8$ кг). Запас ^{137}Cs в донных отложениях составил 5,2 кг, или $\sim 14\%$ его запаса в морской воде. Отношение запаса к запасу ^{137}Cs в водной массе моря равно 330 (рис. 3, табл. 1, список литературы 21 наименование).