

M-442

87684

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3-2007-64

На правах рукописи

МЕЗЕНЦЕВА
Жанна Владимировна

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НЕЙТРОННЫХ
СЕЧЕНИЙ РЕАКТОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специальность: 01.04.16 — физика ядра и элементарных частиц

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Объединенный институт
Дубна 2007
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Работа выполнена в Объединенном институте ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник

Григорьев Юрий Васильевич

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник

Копач Юрий Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,

главный научный сотрудник Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ

Лущиков Владислав Иванович

кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник Петербургского института ядерной физики

им. Б.П. Константинова РАН (Отделение нейтронных исследований)

Щербаков Олег Алексеевич

Ведущая организация: Институт ядерных исследований РАН, г. Москва

Защита состоится 5 октября 2007 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 720.001.06 при Объединенном институте ядерных исследований по адресу: 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований.

Автореферат разослан 21 июня 2007 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета



А.Г. Попеко

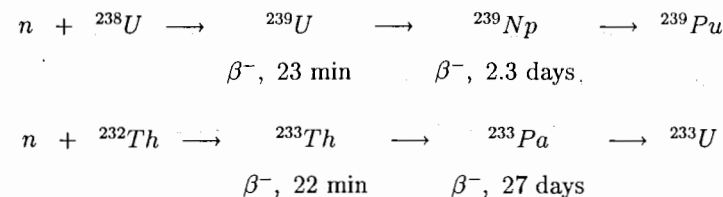
Общая характеристика работы.

Диссертационная работа посвящена вопросам прикладной нейтронной спектроскопии-измерению и анализу резонансных нейтронных сечений, которые являются важными нейтронными данными. Работы в области накопления ядерных данных активно проводятся ведущими центрами ядерных исследований в мире. Результатом исследований являются библиотеки оцененных файлов, которые широко используются для прикладных задач в науке и технике.

Первая часть диссертации содержит описание методов измерения и расчета отношения сечения радиационного захвата к сечению деления ($\alpha = \frac{\sigma_c}{\sigma_f}$) для ядра-мишени ^{235}U в резонансной области энергий нейтронов (20 эВ-600 эВ для разрешенных резонансов). Также сделан детальный обзор методики спектрометрии множественности гамма-излучения, экспериментальной техники и методов анализа экспериментальной информации.

Во второй части диссертации представлены полные и парциальные сечения Nb, Mo, Pb и W в области энергий нейтронов от 10 эВ до 200 кэВ. Обсуждаются полученные результаты эксперимента и расчета по пропускам, групповым сечениям и факторам резонансной блокировки в полном сечении и в сечении рассеяния.

В третьей главе диссертации приведены полные сечения, сечения радиационного захвата, факторы резонансной блокировки в полном сечении и в сечении захвата ^{232}Th в энергетическом диапазоне от 10 эВ до 200 кэВ.



Каждый нейтрон, поглощенный ядром ^{239}Pu или ^{235}U , дает 2,03...2,08 новых нейтронов, а для ^{233}U -2,37! Если использовать ториевый цикл в ядерных

реакторах, плутония и других трансурановых элементов будет накапливаться намного меньше по сравнению с урановым топливным циклом.

Актуальность темы диссертации.

Современные методы расчета реакторов на быстрых нейтронах, использующие многогрупповой подход, требуют детального знания большого числа ядерных данных, особенно нейтронно-физических характеристик делящегося и воспроизводящего материалов в широкой области энергий нейтронов (от тепловых до 15 МэВ). В частности, нейтронные сечения топливных и сырьевых материалов должны быть известны в некоторых энергетических диапазонах на уровне долей процента, а для конструкционных материалов на уровне нескольких процентов. Это приводит к необходимости уточнения библиотечных файлов, для которых требуются новые высокоточные экспериментальные данные.

Таким образом, получение новых уточненных ядерно-физических констант остается актуальной задачей, в первую очередь, для проектирования современных и надежных ядерных реакторов. Эти данные важны также для понимания структуры ядер и динамики взаимодействия нейтронов с ядрами. Существующие модели ядра (составное ядро, модель независимых частиц, капельная модель) достаточно хорошо предсказывают количественные характеристики в области плавно меняющихся энергетических зависимостей сечений, но не могут удовлетворительно предсказывать, например, характер резонансной структуры сечений, параметры индивидуальных резонансов и так далее. Поэтому процесс накопления более точной информации о новых особенностях резонансной структуры сечений, безусловно, является актуальной задачей и перспективным направлением научных исследований.

Цели настоящей диссертации.

1. Разработка новых подходов в анализе данных взаимодействия нейтрона с ядром.
2. Создание более совершенной техники измерения, накопления и анализа

экспериментальных данных в области нейтронной ядерной физики.

3. Получение новых экспериментальных данных для реакторных приложений.

Научная новизна исследований и методических разработок диссертации.

1. Впервые были получены величины альфа для разрешенных резонансов ^{235}U в диапазоне энергий нейтронов до 600 эВ.
2. Получены уникальные данные по резонансной блокировке в полных и парциальных сечениях (рассеяния и радиационного захвата) для Nb, Mo, W, Pb и ^{232}Th .
3. Получен большой объем новой информации по нейтронным групповым сечениям для Nb, Mo, W, Pb и ^{232}Th .

Практическая ценность диссертационной работы.

1. Проведен тщательный анализ полученных экспериментальных данных для определения величины альфа ^{235}U и сравнение результатов с измерениями других авторов.
2. Разработаны новые подходы к анализу данных, в частности, использование “стандартных” резонансов для выделения захватной и делительной частей в резонансах ^{235}U .
3. Полученные значения величины альфа дополняют банк мировых по взаимодействию нейтронов с ядрами в области энергий резонансных нейтронов.
4. Проведены измерения пропусканий нейтронов через толстые образцы – фильтры с целью уточнения интегральных сечений и их факторов резонансной блокировки.

5. Экспериментальные измерения сечений радиационного захвата ^{232}Th , полученные с точностью 2 – 7 %, могут конкурировать с данными других авторов на мировом уровне.

Научные публикации.

По материалам, представленным в диссертации, опубликовано 9 научных работ в виде статей в журналах: “ВАНТ” [2, 4], “Journal of the Korean Physical Society” [8], “Приборы и техника эксперимента” [9]; в материалах семинаров и конференций [1, 3, 5, 6, 7].

Апробация работы.

Основные результаты диссертации представлялись и докладывались автором на конференции молодых ученых и специалистов в г. Дубна, семинарах в ЛНФ ОИЯИ, в г. Обнинске и в г. Троицке, на международном симпозиуме по гамма – спектроскопии в Праге [1] (2002 г.), на международном семинаре по взаимодействию нейтронов с ядрами (ISINN) в г. Дубна (2002 г.), на международной конференции по ядерным данным ND2001 в г. Цукуба (Япония) [6, 7], на конференции по ядерным данным ND2004 в г. Санта-Фэ (США).

Вклад автора.

При непосредственном участии автора:

1. Методом спектрометрии множественности получены новые значения отношения сечения радиационного захвата к сечению деления для ^{235}U в диапазоне энергий от 20 эВ до 600 эВ впервые для 72 разрешенных резонансов. Приводятся расчетные значения величин альфа по последним оцененным данным библиотек BROND-2, ENDF/B-7 и JENDL-3.2. Проведен сравнительный анализ данных настоящей работы с расчетными значениями величины альфа и данными, полученными в других экспериментальных работах.
2. Для выделения делительной и захватной компонент в распределениях отдельных резонансов и последующего получения величины альфа впервые

был реализован метод “стандартных” спектров распределения кратностей для каналов захвата и деления. При этом использовался тот факт, что формы спектров множественности для “делительных” и “захватных” резонансов существенно различаются.

3. Измерены полные пропускания и функции самоиндикации в рассеянии Nb, Mo, Pb и W, из которых получены новые значения полных и парциальных нейтронных сечений, факторов их резонансного самоэкранирования.
4. Измерены полные пропускания и функции самоиндикации в радиационном захвате на большом наборе толщин образцов-фильтров ^{232}Th в резонансной области энергий, определены полные сечения и сечения радиационного захвата. Определены усредненные сечения для нижних резонансов. Проведен расчет аналогичных величин на основе оцененных данных разных библиотек.

Основные результаты, представленные к защите.

1. Получены абсолютные значения величины альфа для ^{235}U для разрешенных резонансов с использованием методики спектрометрии множественности.
2. Разработан и применен метод “стандартных” резонансов для выделения каналов радиационного захвата и деления в резонансах ^{235}U .
3. С помощью “толстых” образцов – фильтров измерены полные пропускания и функции самоиндикации в полном сечении и в сечении рассеяния для Nb, Mo, W и Pb.
4. Проведено моделирование пропусканий и функций самоиндикации с целью изучения резонансной структуры полных сечений и сечений рассеяния Nb, Mo, W и Pb.

5. Использовано подгрупповое представление для получения факторов блокировки в полном сечении и в сечении рассеяния для Nb, Mo, W и Pb. Эти факторы блокировки используются для расчета критических сборок ядерных реакторов.
6. Исследована структура полных сечений и сечений радиационного захвата в энергетических группах и низкоэнергетических резонансах ^{232}Th . В результате получены полные интегральные сечения и сечения радиационного захвата в группах и для отдельных резонансов с точностью 2–7 %.
7. Проведен расчет факторов блокировки в полном сечении и в сечении радиационного захвата ^{232}Th .

Объем и структура диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав основного текста и заключения. Она содержит 113 страниц, с том числе 63 рисунка, 11 таблиц и библиографического списка из 82 наименования.

Содержание работы.

Во введении рассматривается необходимость уточнения и дополнения информации по основным ядерно – физическим константам, в частности по нейтронным сечениям, которые используются при расчете ядерных физических установок. Формулируются цели и задачи диссертации, определяется их место в общем направлении исследований структуры нейтронных сечений реакторных материалов.

Первая глава содержит обзор методов измерения и расчета величины α для ядра-мишени ^{235}U . Детально представлена методика спектрометрии множественности вторичного гамма-излучения, позволяющая одновременно регистрировать события радиационного захвата и деления.

С помощью многосекционного детектора “Ромашка” с кристаллами NaI(Tl) (рисунок 1) были измерены времяпролетные спектры кратностей совпадений γ -лучей для процессов радиационного захвата и деления, вызванных нейтронами.

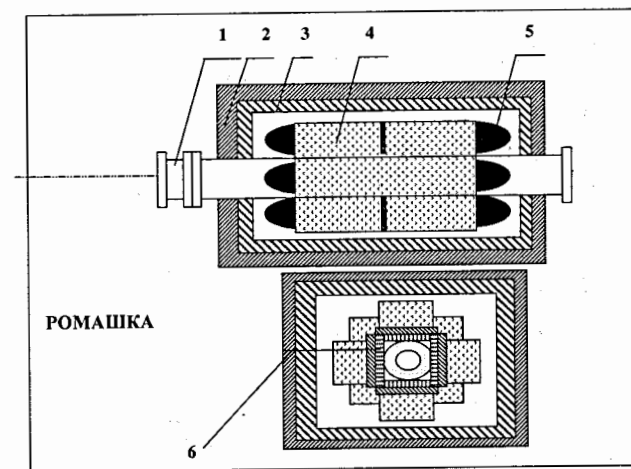


Рис. 1: Экспериментальная установка “Ромашка”: 1 – вакуумная труба, 2 – свинцовая защита, 3 – V_4C – защита, 4 – сцинтилляционный детектор с кристаллами $\text{NaI}(\text{Tl})$, 5 – фотоумножители, 6 – конвертор.

Используя тот факт, что формы спектров кратности для “делительных” и “захватных” резонансов существенно различаются, были сформированы два набора “стандартных” спектров распределения кратностей (рисунки 2 и 3) для каналов захвата и деления.

Процедура получения “стандартных” спектров кратности сводилась к следующему:

- В заданных интервалах вычислялись площади под кривыми для 11 кратностей (N_k).
- Площадь N_k (N_k – число отсчетов в k – ой кратности) определялась как разность $S_1 - S_2$, где S_1 – интеграл в интервале от n_1 до n_2 (n – номер канала), $S_2 = \frac{N(n_1) + N(n_2)}{2} \times (n_2 - n_1 + 1)$
- Эти площади суммировались ($\sum N_k$), а затем определялся относительный вклад каждой кратности в общую сумму (ν_k).

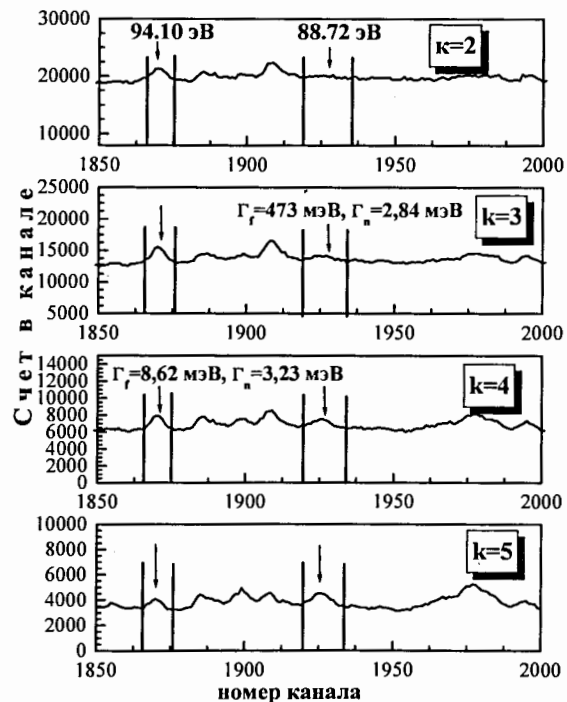


Рис. 2: “Захватный” резонанс (94,10 эВ) и “делительный” (88,72 эВ) в спектрах кратности со 2 по 5.

- Для получения модельных резонансов были выбраны 4 хорошо выделенных резонанса с известными делительными и захватными гамма-ширинами (2 из них – с большой делительной шириной, 2 других – с большой захватной шириной) (см. рисунки 2, 3). Для этих резонансов были определены спектры кратностей ν_k с $k=1..11$, которые можно представить в виде:

$$\nu_{kj} = x_{\gamma_j} g_k + x_{f_j} f_k \quad (1)$$

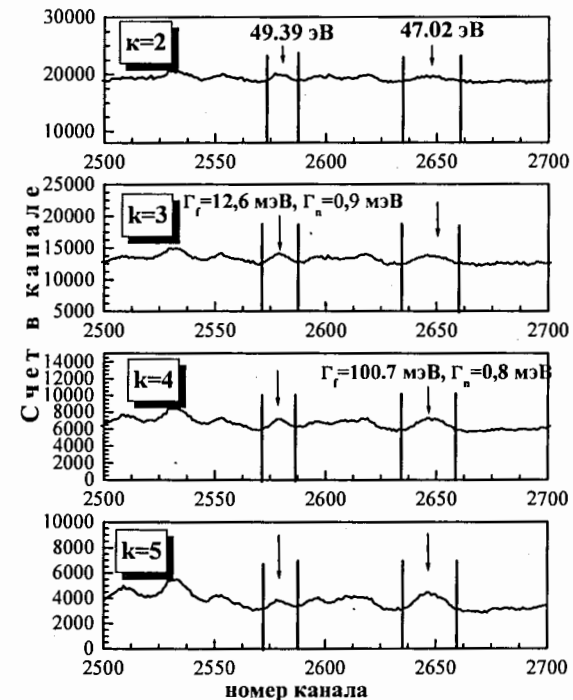


Рис. 3: “Захватный” резонанс (49,43 эВ) и “делительный” резонанс (47,02 эВ) в спектрах кратности со 2 по 5.

где: j – индекс, соответствующий номеру резонанса, $x_{\gamma_j} = \frac{\Gamma_{\gamma}}{\Gamma_{\gamma} + \Gamma_f}$, $x_{f_j} = \frac{\Gamma_f}{\Gamma_{\gamma} + \Gamma_f}$, g_k и f_k – делительная и захватная ширины модельных резонансов, которые были найдены из системы уравнений (1).

В результате были получены “захватная” и “делительная” модели. Спектры кратностей этих моделей представлены на рисунке 4.

Для разделения исходных спектров кратности на две части и вычисления величин альфа и их погрешностей, с помощью программы FUMILI минимизировался функционал:

$$S = \sum_{\nu \neq 1}^{11} \left[\frac{\nu_k^{theor} - \nu_k^{exp}}{\sigma(\nu_k)} \right]^2 \quad (2)$$

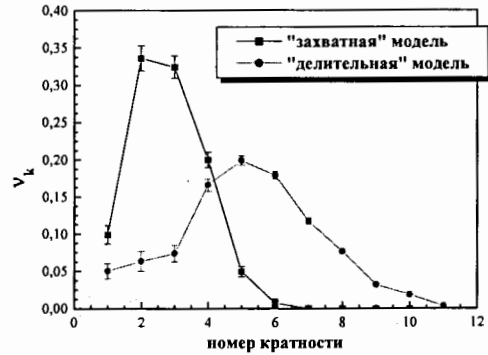


Рис. 4: Спектры кратностей для “захватной” и “делительной” моделей.

где: $\nu_k^{theor} = \frac{g_k \times \alpha + f_k}{1 + \alpha}$, g_k и f_k – стандартные распределения кратностей для каналов захвата и деления, α – искомая величина; $\nu_k^{exp} = \frac{N_k}{\sum N_k}$, $\sum N_k$ – сумма всех кратностей, N_k – вклад каждой кратности в общую сумму $\sigma(\nu_k)$ – средне-квадратичное отклонение.

Предполагалось, что эффективности регистрации гамма – квантов от процессов захвата (ϵ_γ) и деления (ϵ_f) равны.

Таким образом, используя “стандартные” модели для разложения спектров кратности каждого резонанса, были получены величины альфа для разрешенных резонансов (рисунки 5, 6).

Было выполнено детальное сравнение полученных результатов с библиотечными данными, величинами альфа, полученными с использованием резонансных параметров С.И. Сухоручкина и некоторыми экспериментальными работами. Как показало сравнение, наблюдается хорошее согласие (на уровне 10 %) оцененных и экспериментальных данных.

Вторая глава посвящена изучению структуры полных сечений и сечений рассеяния Nb, Mo, Pb и W в области энергий нейтронов от 10 эВ до 200 кэВ.

Измерения времяпролетных спектров для определения функций пропуска-

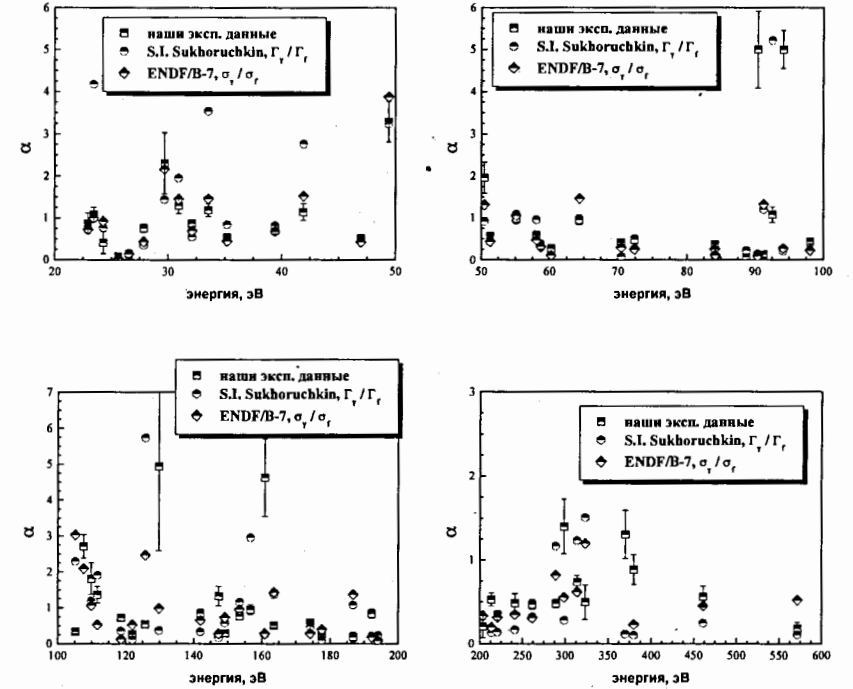


Рис. 5: Сравнение экспериментальных и оцененных значений величины альфа для разрешенных резонансов в диапазоне энергий от 20 эВ до 600 эВ.

ния и нейтронных групповых сечений [2, 3, 4, 5] проводились с помощью установок “Ромашка” (рисунок 1) и “ТЭКС” (рисунок 7) на пролетных базах ИБР – 30.

Полные пропускания $T_i(n, E, \theta)$ и функции самоиндикации в сечении рассеяния $T_s(n, E, \theta)$ определялись по формулам вида:

$$T_i(n, E, \theta)^{theor} = \frac{\int_{\Delta E} \varphi(E) \times \epsilon(E) \times \exp(-\sigma(E, \theta) \times n) \times dE}{\int_{\Delta E} \varphi(E) \times \epsilon(E) \times dE}, \quad (3)$$

$$T_i(n, E, \theta)^{exp} = \frac{(N_s - F_s) \times M}{N_{o/b} - F_{o/b}} \quad (4)$$

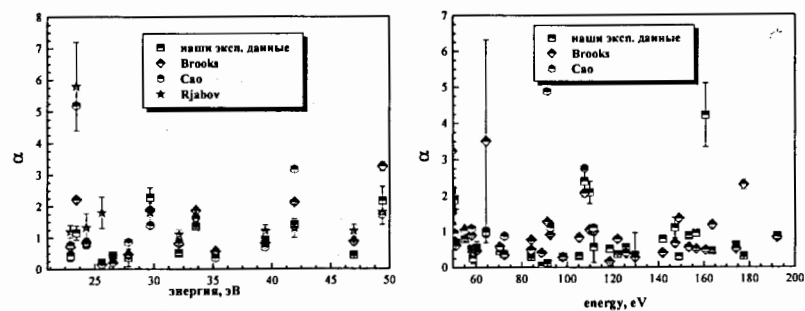


Рис. 6: Экспериментальные величины альфа для разрешенных резонансов в диапазоне энергий от 20 эВ до 200 эВ.

$$T_x(n, E, \theta) = \frac{\int_{\Delta E} \varphi(E) \times \sigma_x(E, \theta)_x \times \exp(-\sigma(E, \theta) \times n) \times dE}{\int_{\Delta E} \varphi(E) \times \sigma_x(E, \theta)_x \times dE}, \quad (5)$$

где: $\varphi(E)$ —нейтронный поток, $\epsilon(E)$ —эффективность детектора, σ —полное сечение, n —толщина образца-фильтра, E —энергия нейтронов, θ —температура образца-фильтра, σ_x —парциальное сечение.

Для получения полных сечений был применен метод подгрупп. В таком подходе любой средний по группе функционал сечения $F(\sigma)$ представляется как $\langle F(\sigma) \rangle = \sum_k a_k F(\sigma_k)$. Для нахождения такого функционала необходимо задание подгрупповых параметров a_k, σ_k :

$$T_t(n) = a_{t1} \times e^{-\sigma_{t1} \times n} + (1 - a_{t1}) \times e^{-\sigma_{t2} \times n} \quad (6)$$

$$T_{tx}(n) = a_{tx1} \times \exp(-\sigma_{tx1} \times n) + a_{tx2} \times \exp(-\sigma_{tx2} \times n) \quad (7)$$

Полные сечения представлены на рисунке 8.

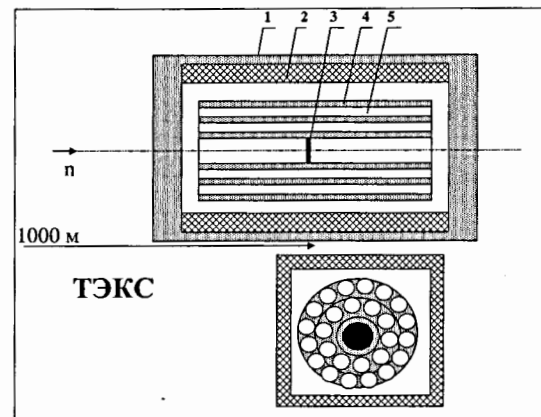


Рис. 7: Экспериментальная установка "ТЭКС": 1 – лист кадмия, 2 – защита: парафин + карбид бора, 3 – образец-радиатор, 4 – счетчики СНМ – 18, 5 – плекс.

Подгрупповые параметры использовались в дальнейшем для определения полных сечений, факторов резонансного самоэкранирования в полном сечении (рисунок 9) и факторов резонансного самоэкранирования в сечении рассеяния (рисунок 10).

$$\langle \sigma_t \rangle = a_{t1} \times \sigma_{t1} + a_{t2} \times \sigma_{t2} \quad (8)$$

$$\langle \sigma_{tx} \rangle = a_{tx1} \times \sigma_{tx1} + a_{tx2} \times \sigma_{tx2}, \quad (9)$$

где: $a_{t1}, a_{tx1}, a_{t2} = 1 - a_{t1}, a_{tx2} = 1 - a_{tx1}$ —доли подгрупповых сечений, $\sigma_{t1}, \sigma_{t2}, \sigma_{tx1}, \sigma_{tx2}$ —сечения, x —возможный процесс (с-захват, s-рассеяние, f-деление).

Согласно определению факторов резонансного самоэкранирования f_i и f_x , их можно записать как отношение площадей под кривыми полных пропуска-

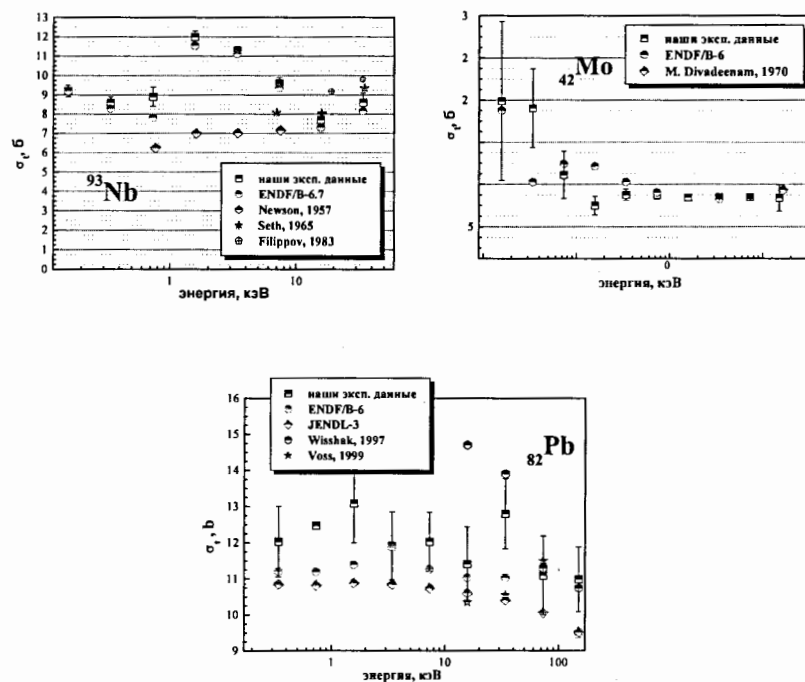


Рис. 8: Экспериментальные и расчетные полные групповые сечения.

ний и функций самоиндикации или с помощью подгрупповых параметров (10) или (11) и (12).

$$f_t(\sigma_0) = \frac{\int_0^\infty T_x e^{-n\sigma_0} dn}{\int_0^\infty T(n) e^{-n\sigma_0} dn} \quad (10)$$

$$f_t(\sigma_0) = \left[\frac{\frac{a_{t1}}{\sigma_{t1} + \sigma_0} + \frac{a_{t2}}{\sigma_{t2} + \sigma_0}}{\frac{a_{t1}}{(\sigma_{t1} + \sigma_0)^2} + \frac{a_{t2}}{(\sigma_{t2} + \sigma_0)^2}} - a_0 \right] \times \frac{1}{\langle \sigma_t \rangle} \quad (11)$$

$$f_x(\sigma_0) = \frac{\frac{a_{tx1}}{\sigma_{tx1} + \sigma_0} + \frac{a_{tx2}}{\sigma_{tx2} + \sigma_0}}{\frac{a_{t1}}{(\sigma_{t1} + \sigma_0)^2} + \frac{a_{t2}}{(\sigma_{t2} + \sigma_0)^2}}, \quad (12)$$

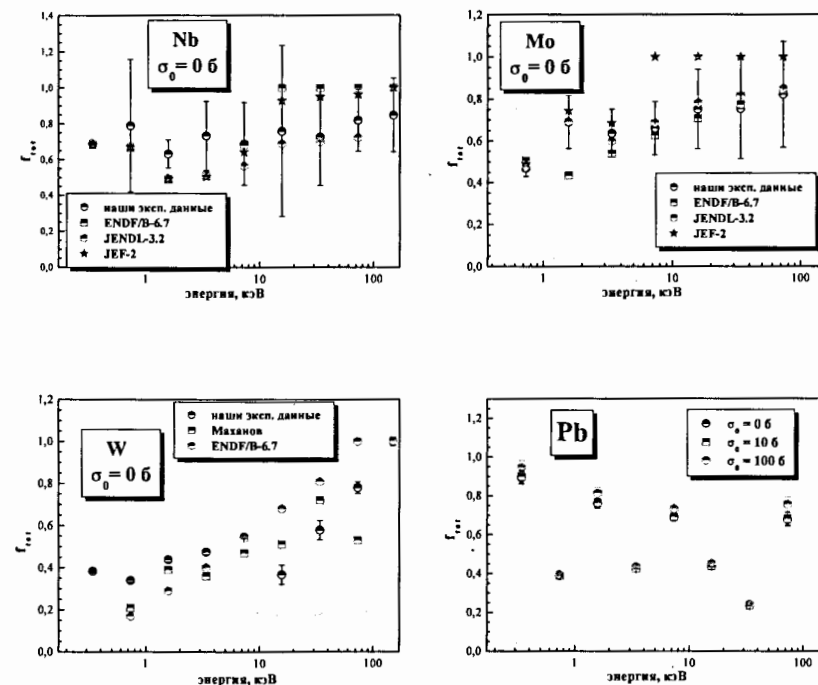


Рис. 9: Факторы резонансного самоэкранирования в полном сечении.

где: σ_0 —сумма полных сечений всех других элементов, входящих в среду (в расчете на один атом рассматриваемого элемента или изотопа).

Помимо полных сечений и факторов резонансного самоэкранирования были получены сечения захвата с использованием детектора γ – квантов (рисунок 11). Эти величины определялись нормировкой на хорошо известные стандартные сечения ^{238}U . Тогда после вычитания фоновых составляющих из измеренных времяпролетных спектров, при использовании тонких исследуемых стандартных образцов-радиаторов и в предположении равенства эффективностей регистрации γ -квантов $\epsilon^U(E) = \epsilon^{Nb}(E)$ от стандартного исследуемого образца сечение захвата можно записать следующим образом:

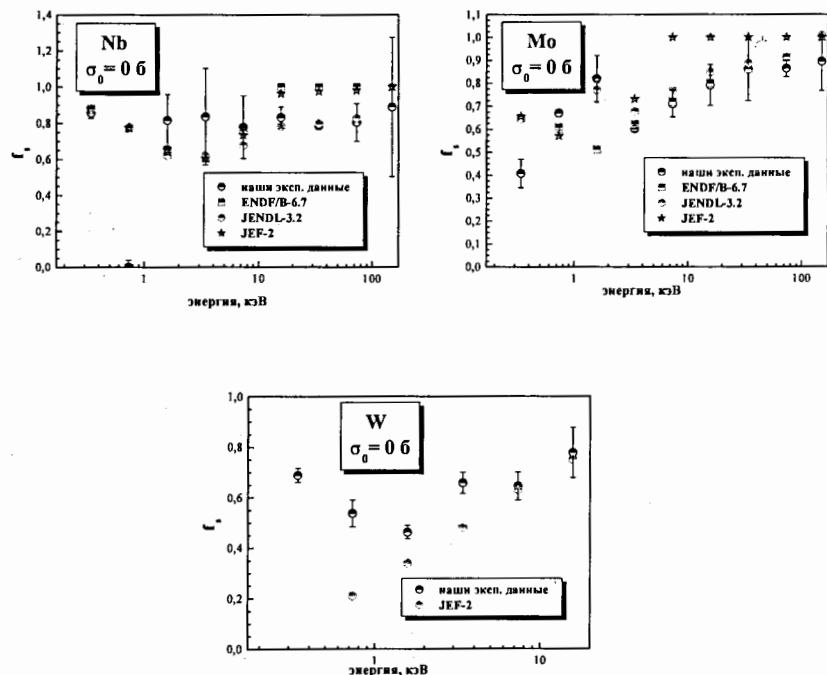


Рис. 10: Факторы резонансного самоэкранирования в сечении рассеяния.

$$\langle \sigma_c \rangle^{Nb} = \langle \sigma_c \rangle^U \frac{M^U \times S^U \times n^U \times N_c^{Nb}}{M^{Nb} \times S^{Nb} \times n^{Nb} \times N_c^U} \quad (13)$$

где M^U и M^{Nb} – мониторные коэффициенты ^{238}U и Nb, S^U и S^{Nb} – площади образцов-радиаторов, n^U и n^{Nb} – толщины образцов-радиаторов, $\epsilon^U(E)$ и ϵ^{Nb} – эффективности регистрации γ -лучей, N_c – число отсчетов в группе.

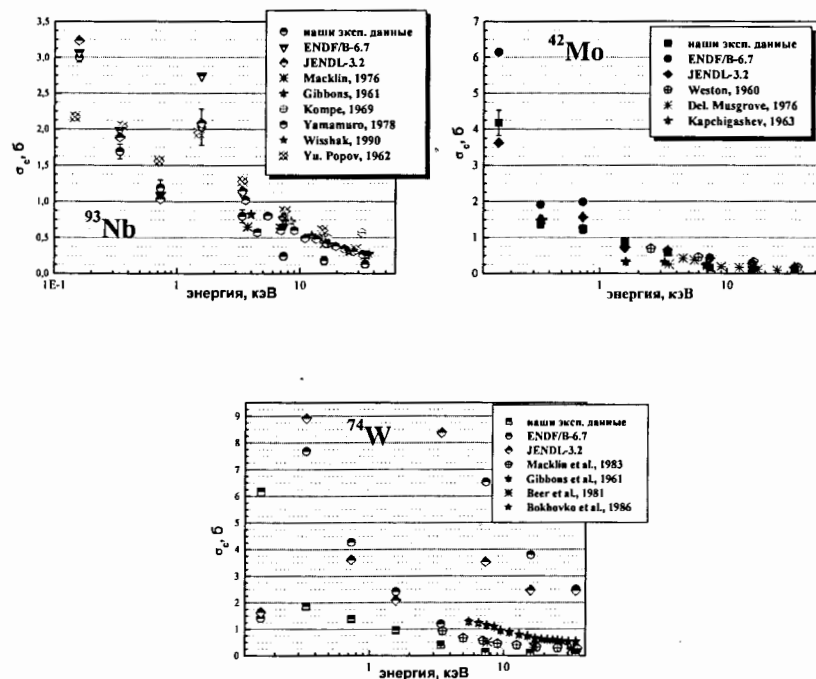


Рис. 11: Экспериментальные и расчетные групповые сечения захвата.

В третьей главе представлены полные сечения и сечения радиационного захвата для ^{232}Th .

Эксперимент проводился на 124 м пролетной базе нейтронного источника ИБР-30. После замедления нейтроны по вакуумному нейтроноводу попадали на мишень, расположенную в центре жидкостного сцинтилляционного детектора [6] (рисунок 12).

Средние групповые сечения захвата для i -группы и сечения захвата для некоторых нижних резонансов ^{232}Th определялись в соответствии с опорными сечениями ^{238}U [7]. Они представлены на рисунке 13.

В эксперименте на установке "ТЭКС" (рисунок 7) исследовалась структура

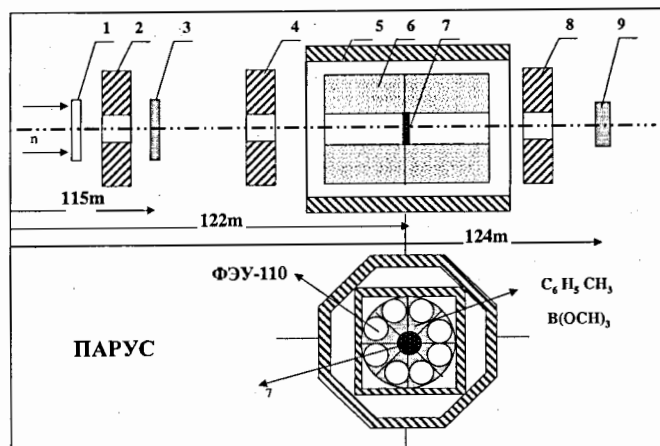


Рис. 12: Экспериментальная установка "Парус": 1-монитор, 2, 4, 8-коллиматоры, 3-образец-фильтр, 5-свинцовая защита, 6-жидкостной сцинтилляционный детектор гамма-лучей, 7-образец-радиатор, 9-нейтронный детектор.

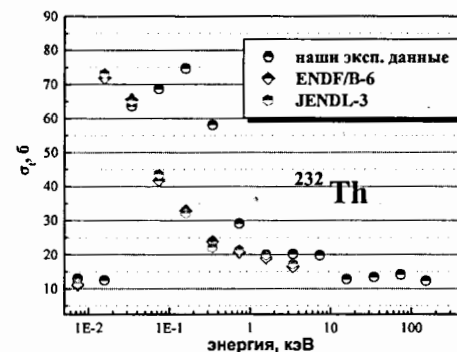


Рис. 14: Средние групповые полные сечения ^{232}Th .

полных интегральных сечений [8] и сечений захвата. Для этой цели были измерены пропускания и функции самоиндикации в сечении захвата для 7 толщин образцов - фильтров ^{232}Th .

Полные сечения получены по подгрупповым параметрам (8), извлеченным из аппроксимации суммой двух экспонент полных сечений (см. рисунок 14).

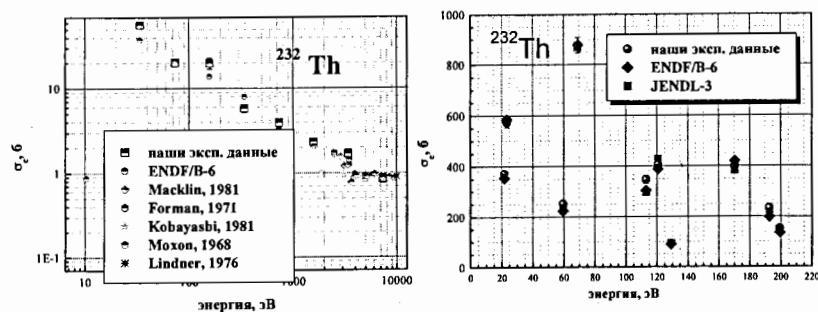


Рис. 13: Средние групповые сечения захвата ^{232}Th (слева) и сечения захвата для нижних резонансов (справа).

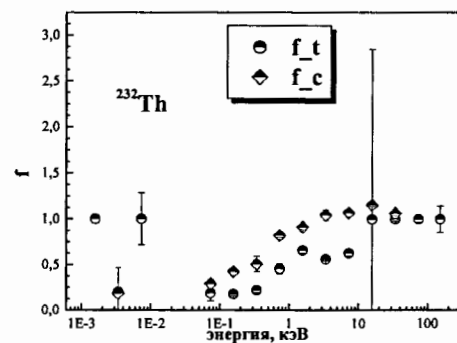


Рис. 15: Факторы резонансного самоэкранирования в полном сечении и в сечении захвата.

Подгрупповые параметры, использовались также для определения факторов резонансного самоэкранирования в полном сечении по формуле (11) и в сечении радиационного захвата (12). Они представлены на рисунке 15.

Заключение.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. Методом спектрометрии множественности получены новые значения отношения сечения радиационного захвата к сечению деления для ^{235}U в диапазоне энергий от 20 эВ до 600 эВ впервые для 72 разрешенных резонансов. Приводятся расчетные значения величин альфа по последним оцененным данным библиотек ENDF/B-7 и JENDL-3.2. Приведен сравнительный анализ данных настоящей работы с расчетными значениями величины альфа и измерениями, полученными в других экспериментальных работах.
2. Измерены полные пропускания и функции самоиндикации в рассеянии Nb, Mo, Pb и W, из которых получены новые значения полных и парциальных нейтронных сечений, факторов их резонансного самоэкранирования.
3. Измерены полные пропускания и функции самоиндикации в радиационном захвате на большом наборе толщин образцов-фильтров ^{232}Th в резонансной области энергий, определены полные сечения и сечения радиационного захвата, указывающие на наличие значительной резонансной блокировки в сечениях. Сечения определены с ошибками 2-7 %. Также определены усредненные сечения для нижних резонансов. Проведен расчет аналогичных величин на основе оцененных данных разных библиотек.
4. Для будущих исследований на пролетных базах нового нейтронного источника "ИРЕН", была создана установка с механическим прерывателем [9], позволяющая проводить измерения нейтронных сечений на малых образцах в широком диапазоне энергий (от 0.001 эВ до 10 кэВ) с лучшими фоновыми условиями.

Список литературы

- [1] Yu.V. Grigoriev, V.V. Sinitsa, Zh.V. Mezentseva, A.B. Popov, Yu.P. Popov, G. Ilchev, H. Faikov-Stanczyk, The Determination of the Capture to the Fission Process Ratio by the Measurements of the Gamma – Rays Coincidence Multiplicity Spectra at Neutron Resonance Absorption by ^{235}U , *Proceeding of Eleventh International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics, 2-6 September 2002*, p.p. 676 – 681, 2002.
- [2] Yu.V. Grigoriev, V.Ya. Kitaev, B.V. Zhuravlev, V.V. Sinitsa, S.B. Borzakov, H. Faikov – Stanchik, G. Ilchev, Zh.V. Mezentseva, Ts.Ts. Pantelev, G.N.Kim, Investigation of the ^{93}Nb neutron cross – section in the resonance energy range, *ВАНТ. Серия: Ядерные константы, вып. 1*, с.с. 5–11, 2001.
- [3] Yu.V. Grigoriev, V.V. Sinitsa, Zh.V. Mezentseva, G. Ilchev, H. Faikov – Stanczyk, Investigation of the Resonance Structure of Total Neutron Cross – Sections of Nb and Mo in the Energy Region 0.100 – 200 keV, *X International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: NEUTRON SPECTROSCOPY, NUCLEAR STRUCTURE, RELATED TOPICS, Dubna, May 22-25, 2002*, p.p. 265–275.
- [4] Исследование резонансной структуры полных нейтронных сечений ниобия, молибдена и свинца в диапазоне энергий 0.100 – 200 кэВ, Григорьев Ю.В., Китаев В.Я., Синица В.В., Мезенцева Ж.В., Илчев Г., Файков – Станчик Х., *ВАНТ. Серия: Ядерные константы, вып.2*, с. 9–20, 2002.
- [5] Investigation of Nb, Mo, Rh, W neutron cross – sections in the resonance energy range, Yu.V.Grigoriev, V.Ya. Kitaev, B.V. Zhuravlev, V.V. Sinitsa, Zh.V.Mezentseva, H. Faikov – Stanchik, M. Stempinsky, N.B. Yaneva, G.N. Kim, *XI International Seminar on Interaction of Neutrons with Nuclei: NEUTRON SPECTROSCOPY, NUCLEAR STRUCTURE, RELATED TOPICS, Dubna, May 28-31, 2003*, p.p 167–173.
- [6] The investigation of the resonance self – shielding effect in the α – value of ^{235}U , ^{239}Pu over the 4.65 – 2150 eV energy range, Faikov – Stanchik H., Grigoriev Yu.V., Ilchev G. L., Kitaev V. Ya. , Mezentseva Zh. V., Sinitsa V.V., *International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, October 7-12, 2001, Tsukuba, Japan, Journal of Nuclear Science and Technology (JNST)*, v. 1, p.p. 350–354.
- [7] Investigation of the ^{232}Th neutron cross – sections in the 10 eV – 10 keV energy range, Faikov – Stanchik H., Grigoriev Yu.V., Ilchev G. L., Kim G. N., Kitaev V.Ya., Mezentseva Zh. V., Sinitsa V.V., Zhuravlev B. V., *International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, October 7-12, 2001, Tsukuba, Japan, Journal of Nuclear Science and Technology (JNST)*, v. 1, p.p. 222–226.
- [8] Neutron Cross – Section Measurements of ^{232}Th in the Energy Region 10 eV – 10 keV, Zh.V. Mezentseva, V.N. Shvetsov, W.I. Furman, H. Faikov – Stanchik, Yu.V. Grigoriv, V.Ya. Kitaev, V.V. Sinitsa, B.V. Zhuravlev, G. Kim, *Journal of the Korean Physical Society*, v. 43 (5), p.704, 2003.
- [9] A setup with a Mechanical Chopper for Monochromating Neutrons and Shortening a Neutron Flux from a Pulsed Neutron Source, Zh.V. Mezentseva, A.P. Sirotin, Yu.V. Grigor'ev, and H. Faikov – Stanczyk, *Nuclear Experimental Techniques*, v. 5, p. 27, 2006.

Получено 24 апреля 2007 г.