

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

K 14

На правах рукописи

КАЗАКОВ ЛЕОНИД ЕВГЕНЬЕВИЧ

УДК 539.1.08

**ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЙ РАДИАЦИОННОГО ЗАХВАТА  
И ПРОПУСКНИЙ ДЛЯ ИЗОТОПОВ  
УРАНА И ЗОЛОТА  
В ОБЛАСТИ НЕРАЗРЕШЕННЫХ РЕЗОНАНСОВ**

Специальность 01.04.01 — экспериментальная физика

*Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук*

Дубна — 1988

Работа выполнена в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Физико-энергетическом институте ГКАЭ СССР.

Научный руководитель: старший научный сотрудник,  
доктор физико-математических наук  
В. Н. КОНОНОВ.

Официальные  
оппоненты: старший научный сотрудник,  
доктор физико-математических наук  
А. В. ИГНАТЮК.

старший научный сотрудник,  
кандидат физико-математических наук  
А. Б. ПОПОВ.

Ведущее предприятие: ордена Ленина и ордена Октябрьской  
Революции Институт атомной энергии  
им. И. В. Курчатова, г. Москва.

Защита диссертации состоится «15.02» . . . . . 1988 года  
в 11.30 час. на заседании специализированного совета Д 047.01.05 при  
Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан «9.01» . . . . . 1988 г.

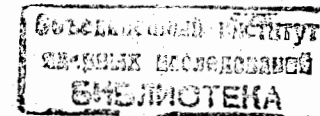
Ученый секретарь  
специализированного совета

Ю. В. ТАРАН

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. К числу важнейших констант, сильно влияющих на расчетные значения параметров быстрых реакторов, относится сечение реакции радиационного захвата нейтронов в  $^{238}\text{U}$ . В реакторах с  $^{238}\text{U}$  -  $^{239}\text{Pu}$  циклом этот процесс определяет скорость наработки вторичного топлива. Анализ имеющейся экспериментальной информации показывает, что в исследуемом диапазоне энергий нейтронов требуемый уровень точности этого сечения (~3%) далеко не достигнут, что приводит к слишком большим неопределенностям в расчетных значениях основных реакторных параметров. Это заставляет при проектировании реакторов делать слишком дорогие запасы.

В круг проблем развития ядерной энергетики входит и проблема внешнего топливного цикла. Поскольку в быстрых реакторах должен осуществляться замкнутый цикл обращения ядерного горючего, темпы воспроизводства и экономика определяются как качеством самих реакторов, так и скоростью прохождения наработанного топлива на предприятиях внешнего топливного цикла. Реализация короткого топливного цикла требует разработки специального оборудования, рассчитанного на высокоактивное ядерное горючее. Радиационную обстановку при переработке вторичного топлива сильно усложняет активный нуклид  $^{232}\text{U}$ , начальным звеном в цепочке наработки которого является процесс радиационного захвата нейтронов в  $^{236}\text{U}$ . Точное предсказание концентрации этого элемента в конце кампании налагает повышенные требования на точность знания сечения радиационного захвата нейтронов в  $^{236}\text{U}$ , которая для широкого диапазона энергий составляет ~7%. Экспериментальные данные по этой величине носят разрозненный и неполный характер.



Цель работы заключалась в следующем:

1. Разработка нового экспериментального метода абсолютных измерений сечений радиационного захвата нейтронов и функций пропускания в области энергий нейтронов от нескольких кэВ до 1 МэВ.

2. Получение новых экспериментальных данных по сечениям захвата нейтронов  $\sigma_c(E)$  ядрами  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ .

3. Получение новых экспериментальных данных по функциям пропускания нейтронов для  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ .

4. Теоретический анализ полученной экспериментальной информации по сечениям захвата и нейтронным пропусканиям с целью получения средних резонансных параметров - нейтронных и радиационных силовых функций для  $p$ - и  $d$ -волн и радиусов потенциального рассеяния для  $s$ - и  $p$ -нейтронов.

Включение в программу экспериментального изучения сечений радиационного захвата такого элемента как золото, преследовало двоякую цель. Во-первых, величина  $\sigma_c(E)$  золота часто используется в качестве опорной при измерении сечений радиационного захвата других элементов. Золото служит также общепринятым стандартом в интегральных реакторных экспериментах. Поэтому всякое дальнейшее уточнение величины этого сечения является важным. Во-вторых, измеренное сечение захвата золота должно было служить показателем надежности данного абсолютного метода измерений. Из рис. I видно, что данные настоящей работы хорошо согласуются с современными оценками величины  $\sigma_c(E)$  для  $^{197}\text{Au}$ , что подтверждает надежность используемого метода.

Научная новизна. В данной работе получена обширная экспериментальная информация по сечениям радиационного захвата нейтронов для  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  в интервале энергий 3 - 160 кэВ. Экспериментальные данные для  $^{236}\text{U}$  в области энергий 50 - 150 кэВ получены впервые.

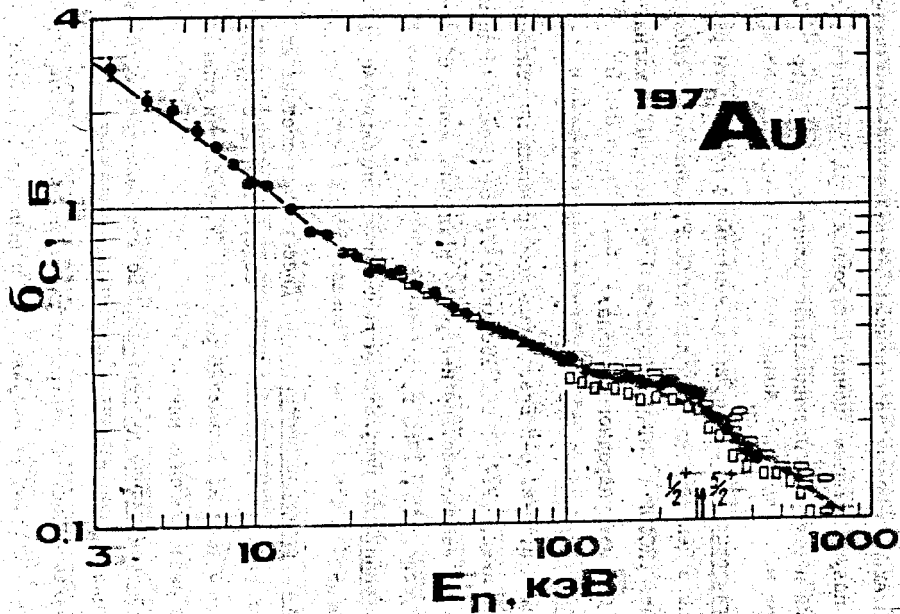


Рис. 1. Сечение радиационного захвата нейтронов в  $^{197}\text{Au}$ .  
 Данные:  $\square$  - Пенитца,  $\circ$  - Давлетшина,  $\square$  - Маклина,  $\bullet$  - настоящей работы.  
 Оцененные данные: - - - ENDF-84, - · - - ENDF/B-V.

Получены экспериментальные данные по нейтронным пропусканиям для изотопов урана в энергетическом диапазоне 10 - 700 кэВ. Данные для  $^{236}\text{U}$  получены впервые.

На основе теоретического анализа совокупности полученных экспериментальных данных по сечениям захвата и нейтронным пропусканиям получены новые оценки нейтронных и радиационных силовых функций и радиусов потенциального рассеяния для ядер  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ .

Практическая ценность. Экспериментальные результаты работы переданы в Центр по ядерным данным СССР, занесены в библиотеку формата ЭКФОР ( ENGRA-915, 40890 ) и записаны на магнитную ленту для международного обмена.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на 4-й, 5-й, 6-й Всесоюзных конференциях по нейтронной физике ( г. Киев, 1977, 1980, 1983 г.г. ), 16-м Международном симпозиуме по взаимодействию нейтронов и тяжелых ионов с ядрами ( г. Гауссиг, ГДР, 1986 г. ).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 12 научных работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. В ней содержится 128 страниц машинописного текста, включая 26 рисунков, 11 таблиц и список литературы из 119 наименований.

Краткое содержание диссертации. Во введении кратко обсуждена ситуация с экспериментальными данными по сечениям радиационного захвата быстрых нейтронов для ядер  $^{236}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ , сформулирована цель работы, ее актуальность и прикладное значение, перечислены основные результаты выносимые на защиту.

Первая глава содержит описание экспериментальной установки

— спектрометра быстрых и резонансных нейтронов, созданного на базе импульсного электростатического ускорителя ЭГ-1 ФЭИ.

На рис.2 приведена блок-схема эксперимента. Источником нейтронов с непрерывным спектром служила реакция  $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ . Измерения проводились методом, основанным на регистрации мгновенных  $\gamma$ -лучей захвата сцинтилляционным детектором полного поглощения и использования наносекундной техники времени пролета для измерения энергии нейтрона и дискриминации фона.

Детектор событий захвата представлял собой сцинтилляционный бак объемом 17 л, заполненный сцинтиллятором на основе толуола с добавлением ~60% триметилбората, с целью снижения чувствительности детектора к рассеянным на образце нейтронам. Временное разрешение детектора в динамическом диапазоне амплитуд 1 - 10 МэВ составляло 1,9 нс.

Измерение спектра нейтронов падающих на образец производилось двумя детекторами, в которых использовались реакции  $^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$  и  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ . Первый детектор представлял собой стекло с  $^6\text{Li}$  ( тип NB-912 ) диаметром 40 мм, толщиной 1 мм, установленное в тонкостенной Al камере перпендикулярно фотокатоду ФЭУ-30. Второй нейтронный детектор состоял из  $^{10}\text{B}$ -пластины диаметром 55 мм, толщиной 4,25 мм и двух кристаллов NaI(Tl). Детекторы обладали эффективностью регистрации нейтронов в виде плавной функции от их энергии и временным разрешением 2-2,2 нс.

Организация спектрометрической регистрирующей аппаратуры позволяла производить одновременный временной и амплитудный анализ детектора событий захвата и мониторов нейтронного потока.

Во второй главе дается изложение метода измерения сечений захвата и функций пропускания, обсуждаются проблемы экспериментального изучения этих величин, приводятся результаты измерений.

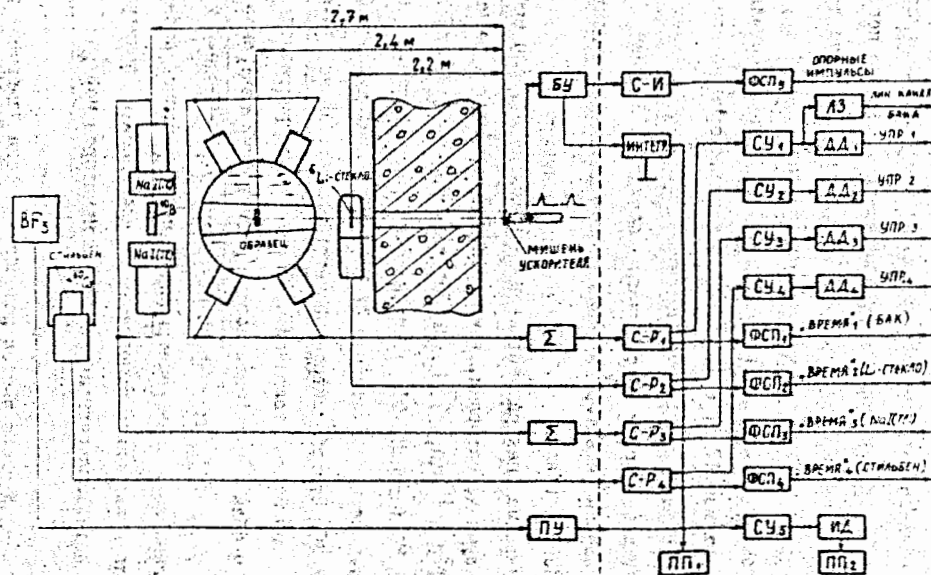


Рис.2. Блок-схема эксперимента и входной регистрирующей аппаратуры.



Измерения сечений радиационного захвата проводились в три этапа: на пролетной базе 2,4 м в диапазоне энергий 30-460 кэВ, измерений на этой же пролетной базе в резонансной области энергий ( 2-30 эВ ), необходимых для абсолютизации сечений методом "насыщенного резонанса" и измерений на пролетной базе 0,72 м в интервале энергий 3-130 кэВ.

Сечение радиационного захвата, получаемое в результате обработки временных спектров, определялось следующим образом:

$$\sigma_c(E) = K \frac{N_c(E)}{N_{Li}(E)} \frac{1}{n} \frac{\sigma_{n,\alpha}^r(E)}{\sigma_{n,\alpha}^r} \frac{S_{Li}(E)}{S(E) T_{Li}(E)} \quad (1)$$

где K - нормировочный коэффициент, который находили по измерениям в области насыщенного резонанса:

$$K = \frac{N_{Li}^r}{N_c^r} P_c \frac{T_{Li}^r F_\gamma^r \epsilon_\gamma^r}{S_{Li}^r F_\gamma^r \epsilon_\gamma^r} \quad (2)$$

В этих выражениях индекс r соответствует величинам из резонансной области энергий нейтронов,  $N_c(E)$  и  $N_{Li}(E)$  - измеряемые в эксперименте скорости счета событий захвата и нейтронного потока; n - число ядер в исследуемом образце;  $\sigma_{n,\alpha}^r(E)$ ,  $\sigma_{n,\alpha}^r$  - сечение реакции  ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$  при энергии нейтрона E и в области насыщенного резонанса;  $S_{Li}(E)$  - поправка на многократное рассеяние нейтронов в мониторе; S(E) - поправка на многократное рассеяние и резонансную самозранировку нейтронов в образце;  $T_{Li}(E)$  - пропускание детектора с  ${}^6\text{Li}$ -стеклом;  $\epsilon_\gamma$  - эффективность регистрации событий захвата  $\gamma$ -детектором;  $F_\gamma$  - поправка на самопоглощение  $\gamma$ -квантов захвата в образце;  $P_c$  - вероятность захвата нейтронов в образце в области насыщенного резонанса. Так как в выражении (1) не фигурирует опорное сечение радиационного захвата какого-либо стандарта, этот метод измерений является абсолютным.

Нормировка сечений производилась методом "насыщенного резонанса", в основе которого лежит использование низколежащих  $S$ -резонансов исследуемых ядер. Величина  $P_c$  для этих резонансов была рассчитана методом Монте-Карло с высокой точностью. Эта величина в достаточно широкой области вблизи центра резонанса постоянна и близка к 1. Для образцов урана и золота, используемых в эксперименте, величина  $P_c$  получена равной  $0,99 \pm 0,02$  для  $^{238}\text{U}$  ( $E=6,67$  эВ),  $0,986 \pm 0,018$  для  $^{236}\text{U}$  ( $E=5,45$  эВ) и  $0,981 \pm 0,017$  для  $^{197}\text{Au}$  ( $E=4,906$  эВ).

Чтобы повысить надежность нормировки сечений и уменьшить погрешность, связанную с чувствительностью детектора к возможным изменениям в спектре и множественности  $\gamma$ -лучей захвата при переходе от насыщенного резонанса к измерениям в области быстрых нейтронов, был применен метод весовой функции. В этом случае нормировочный коэффициент  $K$  определялся следующим образом:

$$K = \frac{\left[ \sum_0^{v_{max}} A(v)w(v)/N_{Li} \right]}{\left[ \sum_0^{v_{max}} A(v)w(v)/N_{Li}^* \right]} P_c \frac{B_n}{(B_n + E_n)} \quad (3)$$

здесь  $A(v)$  - измеряемый амплитудный спектр детектора событий захвата,  $B_n$  - энергия связи нейтрона,  $E_n$  - энергия нейтрона,  $w(v)$  - функция взвешивания, определяемая расчетным путем.

Для абсолютизации сечений элементов, как вошедших в результаты настоящей работы, так и для ряда других, при предварительной обработке были использованы оба подхода, основанные на соотношениях (2) и (3). Результаты оказались совпадающими в пределах статистической точности, достигнутой в измерениях амплитудных спектров, которая составляла ~5%. Так как и изотопы урана и золото имеют удобные низколежащие резонансы, в дальнейшем все усилия были сосредоточены на методе насыщенного резонанса.

На рис. I представлены результаты измерений сечений

радиационного захвата нейтронов для  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{236}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ . Полная погрешность полученных результатов в большей части исследуемого диапазона составляет 4,2-4,7% для  $^{197}\text{Au}$  и  $^{236}\text{U}$  и 4,5-6% для  $^{238}\text{U}$ .

В этой же главе изложен метод и результаты измерений функций пропускания для изотопов урана. Измерения проводили на том же спектрометре нейтронов, на котором велись измерения сечений захвата. Пропускания по полному сечению  $T_t(\tau)$  измеряли детектором с тонким  $^6\text{Li}$ -стеклом. С целью определения надежности измерений данного типа, наряду с измерениями пропусканий для урановых фильтров, велись контрольные измерения пропусканий для углерода. Результаты этих измерений показали, что полученное полное сечение углерода согласуется в пределах ~2% с оценкой  $ENDF/B-V$ .

В результате проведенных измерений и обработки получены значения нейтронных пропусканий для 6-ти толщин образцов-фильтров из  $^{238}\text{U}$  и двух толщин -  $^{236}\text{U}_3\text{O}_8$ . Полная погрешность полученных данных составила 1,3% на 10 кэВ с плавным уменьшением до 0,6% на 700 кэВ. Экспериментальные значения  $T_t$  для  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  были включены в теоретический анализ всей совокупности полученных экспериментальных данных. Значения  $T_t$  для  $^{236}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  были также использованы в качестве поправки при получении сечений радиационного захвата.

В третьей главе диссертации рассмотрены вопросы теоретического анализа полученных экспериментальных данных с целью извлечения средних резонансных параметров - нейтронных и радиационных силовых функций.

Исследуемый диапазон энергий (3-460 кэВ) для средних и тяжелых ядер является областью неразрешенных резонансов. Результатом измерений являются сечения, усредненные по многим



резонансам. Средние сечения в рамках статистической теории ядерных реакций могут быть описаны через средние значения параметров нейтронных резонансов:

$$\bar{\sigma}_c = \frac{\pi}{k^2} \sum_{\ell} \varepsilon_{\ell}^2 g^2 \frac{T_n^{\ell} T_c^{\ell}}{\sum_{\ell} T_r^{\ell}} F^{\ell} \quad (5)$$

В этом выражении использованы общепринятые выражения, а проницаемости  $T_r^{\ell}$  связаны с приведенными нейтронными  $S_{ne}$  и радиационными  $S_{rg}$  силовыми функциями следующим образом:

$$T_n^{\ell} = 2\pi S_{ne} v_0^{\ell} \sqrt{E} \left(1 + \frac{\pi}{2} S_{ne} v_0^{\ell} \sqrt{E}\right)^{-2},$$

$$T_{in}^{\ell} = \sum_{\mu} \varepsilon_{\mu}^2 T_n^{\ell}(E-E_{\mu}), \quad T_c^{\ell} = 4\pi(2I+1)g^2 S_{rg} \xi(E)$$

Функция  $\xi(E)$  учитывает энергетическую зависимость радиационной силовой функции, а фактор  $F^{\ell}$  - флуктуации нейтронных шипов в каналах упругого и неупругого рассеяния.

Определение средних резонансных параметров из усредненных сечений радиационного захвата основывалось на последовательном сравнении экспериментальных значений сечений с теоретической кривой сечения захвата. Сравнение проводилось методом максимального правдоподобия. Оптимальную, с точки зрения наилучшего описания экспериментальных данных, оценку  $\bar{P}$  нейтронных и радиационных силовых функций находили минимизируя квадратичный функционал:

$$S^2 = [\bar{\sigma}_s - \bar{\sigma}_{теор}]^T V^{-1} [\bar{\sigma}_s - \bar{\sigma}_{теор}] + [\bar{P}_0 - \bar{P}]^T W_0^{-1} [\bar{P}_0 - \bar{P}], \quad (6)$$

где  $\bar{\sigma}_s$  - вектор совокупности экспериментальных и  $\bar{\sigma}_{теор}$  - теоретических, рассчитанных по формуле (5) сечений захвата нейтронов,  $V$  - ковариационная матрица погрешностей экспериментальных данных,  $\bar{P}_0$  - вектор априорных значений средних резонансных параметров,  $W_0$  - ковариационная матрица ошибок этих параметров, которая предполагалась диагональной. Ковариационная матрица погрешностей оптимальных параметров оценивалась по формуле:  $W = [N^T V^{-1} N + W_0^{-1}]^{-1} S^2$ , где  $N$  - число экспери-

ментальных точек,  $N$  - матрица коэффициентов чувствительности сечения к параметрам. Диагональные элементы матрицы  $W$  определяют дисперсию параметров, недиагональные члены отражают корреляционные свойства параметров, полученных с помощью максимально правдоподобной оценки. Расчитанные по этим параметрам кривые сечений всегда находились в хорошем согласии с полученными экспериментальными данными.

В результате анализа были получены средние нейтронные и радиационные силовые функции для  $p$ - и  $d$ -нейтронов; а также радиусы потенциального рассеяния для  $s$ - и  $p$ -волн (из анализа нейтронных пропусканий). Полученные данные со своими полными погрешностями приведены в таблице.

Результаты анализа средних сечений захвата и пропусканий. Нейтронные и радиационные силовые функции даны в единицах  $10^{-4}$ .

Ядро \ Параметр	$^{236}\text{U}$	$^{238}\text{U}$
$S_0$	$1,0 \pm 0,1$	$1,11 \pm 0,11$
$S_1$	$2,4 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,19$
$S_2$	$2,8 \pm 0,7$	$2,8 \pm 0,27$
$S_{r0}$	$15,5 \pm 1,5$	$11,3 \pm 0,45$
$S_{r1}$	$13,5 \pm 0,7$	$8,1 \pm 0,5$
$S_{r2}$	$14,0 \pm 1,4$	$10,8 \pm 1,1$
$R_0$ , фм	$10,15 \pm 0,2$	$9,35 \pm 0,19$
$R_1$ , фм	$5,65 \pm 0,15$	-----

Заключение

На защиту выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. Разработана новая высокоэффективная методика измерения сечений радиационного захвата и функций пропускания. Методика основана на использовании созданного спектрометра быстрых и резонансных нейтронов на базе импульсного ускорителя Ван-де-Граффа и метода насыщенного резонанса для абсолютной привязки энергетической зависимости сечений. Разработаны детекторы нейтронов обладающие временным разрешением в наносекундном диапазоне. Разработаны и внедрены программы обработки аппаратных спектров событий захвата пропусканий и самоиндикации нейтронов.

2. Получены новые экспериментальные данные по сечениям радиационного захвата нейтронов ядрами  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{236}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  в области энергий 3-460 кэВ. Данные для  $^{236}\text{U}$  в интервале энергий нейтронов 50-150 кэВ получены впервые.

3. Выполнены измерения и получены экспериментальные значения нейтронных пропусканий для  $^{238}\text{U}$  в энергетическом диапазоне 10-140 кэВ и для  $^{236}\text{U}$  в области энергий 10-700 кэВ. Данные для  $^{236}\text{U}$  получены впервые.

4. Экспериментальная информация по сечениям радиационного захвата и нейтронным пропусканиям для изотопов урана проанализирована в рамках статистической теории ядерных реакций. Получены средние резонансные параметры - нейтронные и радиационные силовые функции для p- и d-нейтронов и радиусы потенциального рассеяния для s- и p-волн.

Литература

1. Кононов В.Н., Полетаев Е.Д., Боховко М.В., Казаков Л.Е.,

Тимохов В.М. Спектрометр быстрых и резонансных нейтронов на базе электростатического ускорителя ЭГ-I ФЭИ// Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы. 1981. Вып. I(40). С.67-71.

2. Кононов В.Н., Полетаев Е.Д., Казаков Л.Е., Боховко М.В. Детекторы нейтронов с наносекундным временным разрешением// Приборы и техника эксперимента. 1979. №3. С.77-81.

3. Кононов В.Н., Полетаев Е.Д., Боховко М.В., Казаков Л.Е., Тимохов В.М. Абсолютный метод измерения сечения радиационного захвата быстрых нейтронов в уране-238// Нейтронная физика: Материалы 5-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 1980 г. ЦНИИатоминформ. М., 1980. Ч.2. С.280-284.

4. Андросенко А.А., Андросенко П.А., Казаков Л.Е., Кононов В.Н., Полетаев Е.Д. Расчет вклада многократных взаимодействий в эффективность нейтронных детекторов: Препринт ФЭИ-1777. Обнинск, 1986.

5. Андросенко А.А., Андросенко П.А., Ваньков А.А., Гостева Л.С., Казаков Л.Е. Эффект многократного рассеяния и самоэкранирования резонансных нейтронов в образце в измерениях средних микроскопических сечений радиационного захвата U-236, U-238, Au-197: Препринт ФЭИ-1849. Обнинск, 1987.

6. Кононов В.Н., Полетаев Е.Д., Боховко М.В., Казаков Л.Е., Тимохов В.М. Измерение факторов резонансной блокировки сечения захвата нейтронов для урана-238// Нейтронная физика: Материалы 5-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике, Киев, 1980 г. ЦНИИатоминформ. М., 1980. Ч.2. С.276-279.

7. Казаков Л.Е., Кононов В.Н., Полетаев Е.Д., Боховко М.В., Воеводский А.А., Тимохов В.М. Измерение сечений радиацион-

ного захвата нейтронов для  $^{236}\text{U}$  и  $^{197}\text{Au}$  в области энергий 3-420 кэВ// Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы. 1985, Вып.2, С.44-49.

8. Konoнов V.N., Poletaev E.D., Bоховко M.V., Kazakov L.E., et al. Neutron detection efficiency of a thick lithium glass detector// Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research. 1985, V. A234, P.361-366.

9. Казаков Л.Е., Кононов В.Н., Мантуров Г.Н., Полетаев Е.Д., Боховко М.В., Тимохов В.М., Воеводский А.А. Измерение сечений радиационного захвата нейтронов для урана-238 в области энергий 4-460 кэВ// Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы. 1986, Вып.3, С.37-46.

10. Кононов В.Н., Полетаев Е.Д., Боховко М.В., Казаков Л.Е., Тимохов В.М., Воеводский А.А. Экспериментальное определение факторов резонансной самоэкранировки сечения радиационного захвата нейтронов для  $\text{U-238}$  в области энергий 10 - -140 кэВ// Вопросы атомной науки и техники. Сер. Ядерные константы. 1985, Вып.2, С.41-44.

11. Zhuravlev B.V., Kazakov L.E., Konoнов V.N., et al. Investigations of the Interactions of Neutrons with  $^{238}\text{U}$  Nuclei// International Nuclear Data Committee, 1980. INDC(CCP)-154L; Edited by IAEA.

12. Казаков Л.Е., Кононов В.Н., Мантуров Г.Н., Полетаев Е.Д. Нейтронные сечения и средние резонансные параметры  $^{236}\text{U}$ // Proc. of the 16<sup>th</sup> International Symposium on Nuclear Physics Dynamics of Heavy Ion Collisions. Gaussig (GDR), 1986. ZPK-610. P.222-228.

Технический редактор Н.П.Герасимова

Подписано к печати 18.07.1988 г. ТБ-02758 Формат 60x90 1/16  
Офсетная печать Усл. п. л. 0,8 Уч.-изд. л. 0,6 Тираж 120 экз.

Отпечатано на ротационной машине. Заказ № 873  
249020, г. Обнинск, Калужской обл., ФЭИ