

## 20. КАЛЬЦИЙ

В ФОНД-2.2 полный набор данных содержится только для природного кальция. Для стабильных и радиоактивных изотопов приняты оценки нейтронных сечений из EAF-3.

В ENDF/B-VII содержатся данные только для природного кальция (M.B.Chadwick, P.Young, C.Fu, 1997).

В JENDL-3.3 приведены полные данные для всех стабильных изотопов (M. Hatchya, 1987)

В JEFF-3.1 содержатся более свежие оценки данных для стабильных изотопов (A..Koning,2004)

### 20.1. Кальций-40

Содержание в естественной смеси 96.941%.

В оценке JEFF-3.1 область разрешенных резонансов простирается до 500кэВ. Резонансные параметры приводятся до значительно более высоких энергий (см. рис.1). Из характера энергетической зависимости нарастающих сумм числа резонансов видно, что есть основания полагать, что выше 500 кэВ заметная часть p- и d-резонансов пропущена, что, видимо, и послужило основанием для установления сравнительно низкой границы области разрешенных резонансов. На рис. 2 приведены нарастающие суммы приведенных нейтронных ширин s- p- и d-резонансов. Видно, что предположение о пропуске значительной доли p- и, особенно, d-резонансов, вполне оправдано. В то же время пропуск s- резонансов, как видно, не существен.

Вне резонансной области структура сечений описывается детальным ходом в файле MF=3 (см. рис.3). Эта структура подтверждается экспериментальными данными Джонсона, в которых эта структура выявлена более отчетливо (см. например, фрагмент на рис. 3б).

При высоких энергиях полное сечение подтверждено данными Финлея (рис.3 в).

К сожалению никакой структуры в сечении радиационного захвата вне резонансной области в оцененных данных не проявляется (см. рис.4)

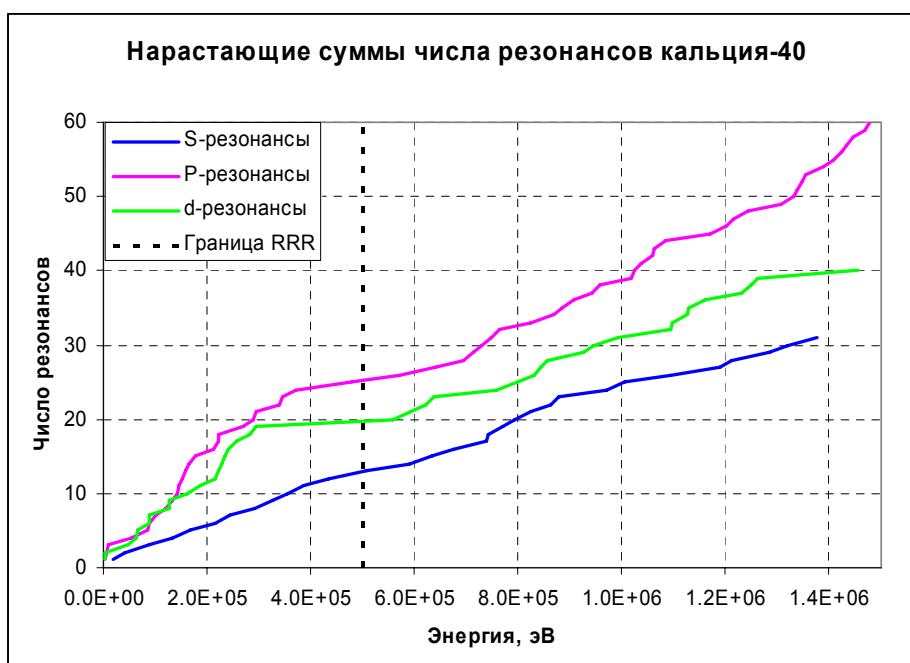


Рис.1.

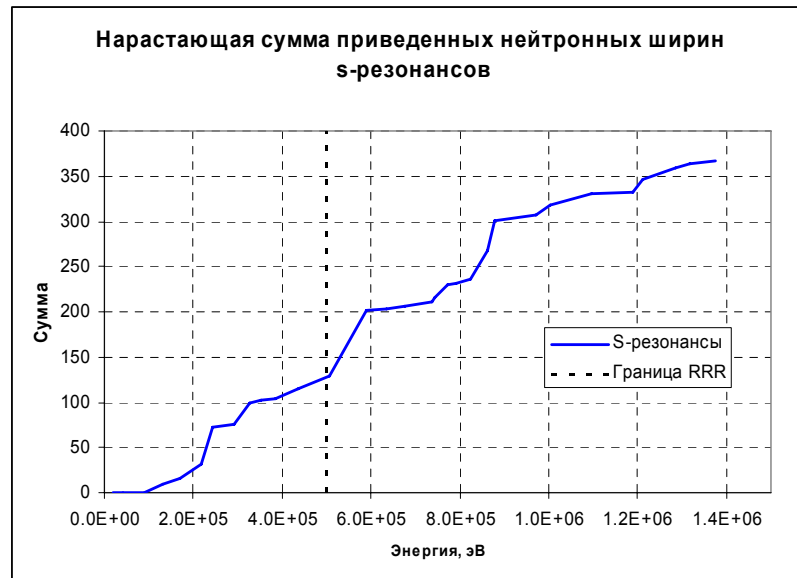


Рис.2а

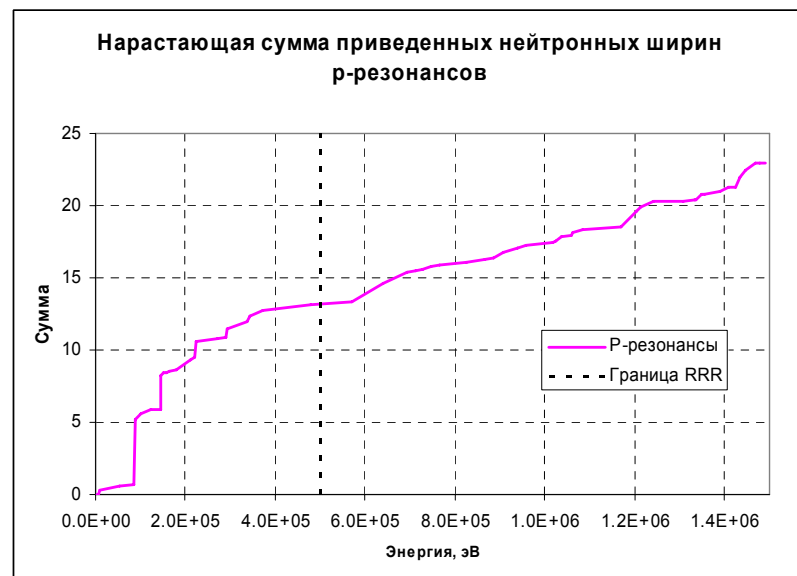


Рис.2б

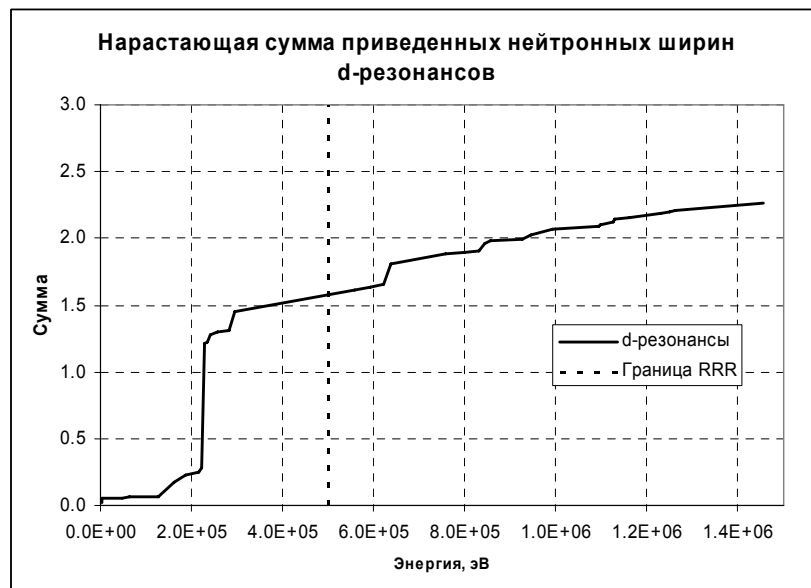


Рис.2в.

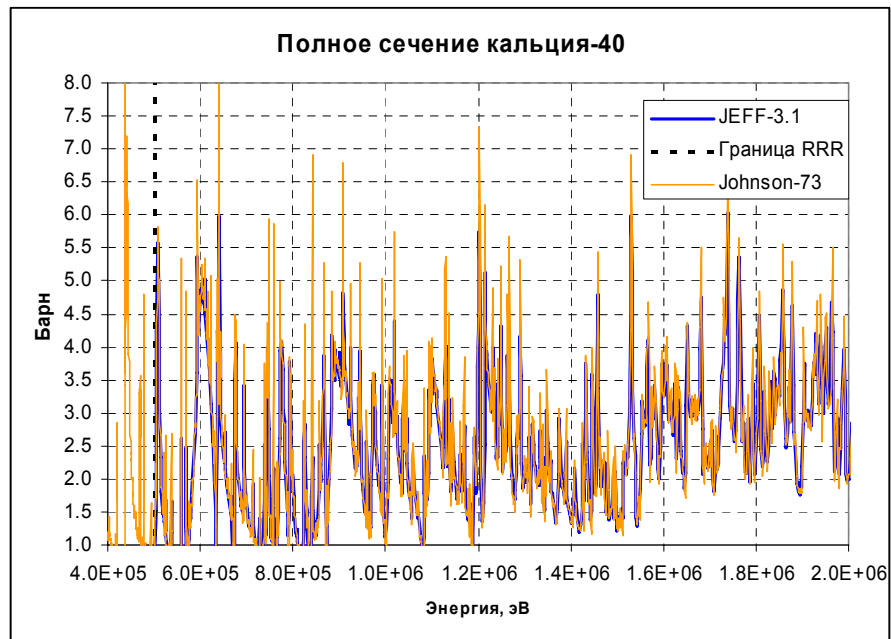


Рис.3а

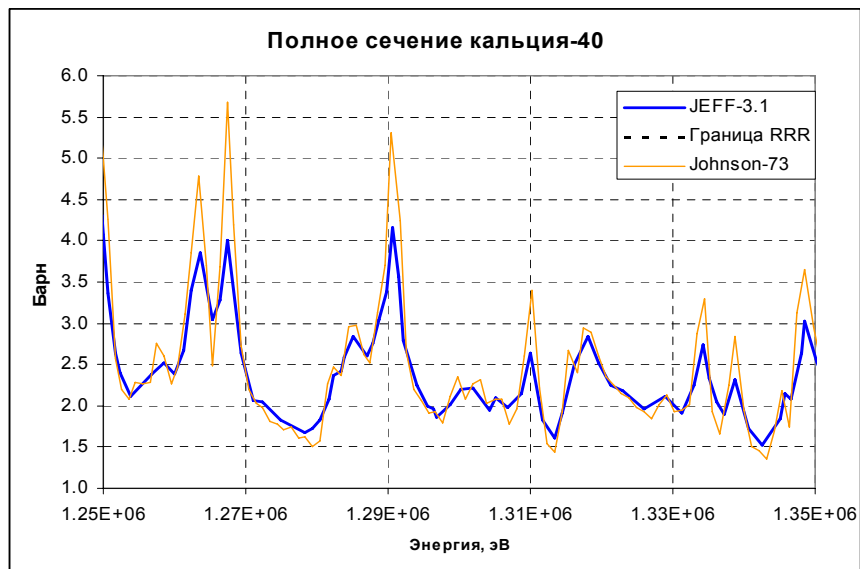


Рис.3б

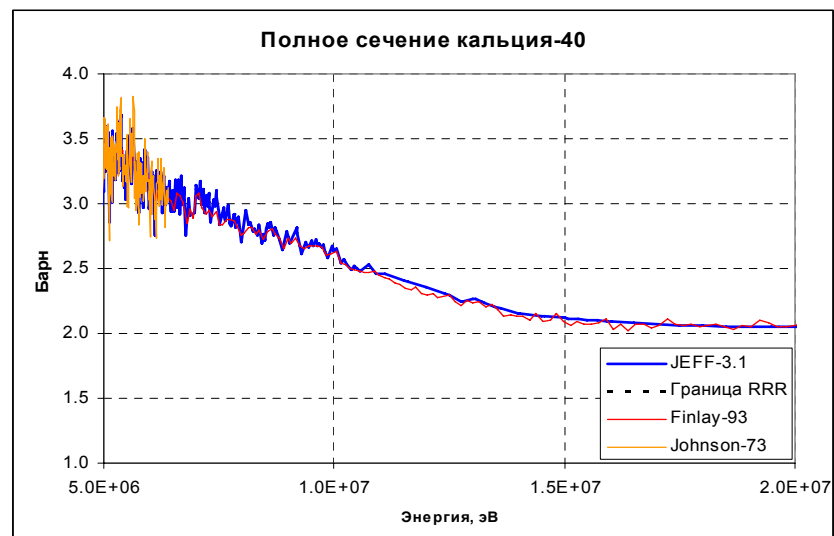


Рис.3в.

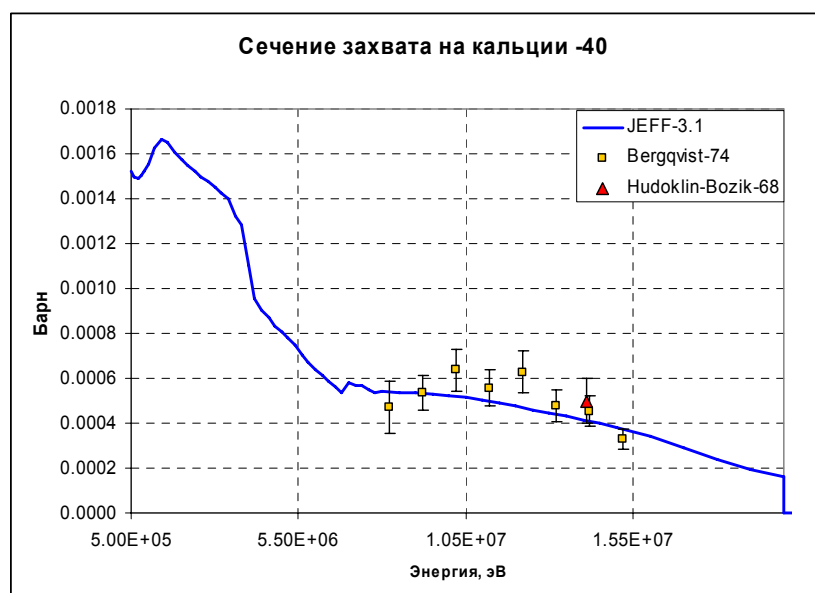


Рис.4.

В таблице 1 тепловые сечения и рбезонансный интеграл, рассчитанные по файлу JEFF-3.1, сравниваются с рекомендациями Мухабхаба<sup>1</sup>.

Таблица 1. Тепловые сечения и резонансный интеграл кальция-40.

Величина	Мухабхаб	Рассчитано по NJOY
$\sigma_\gamma$	$0.41 \pm 0.02$	0.4075
$\sigma_s$	$2.73 \pm 0.06$	3.061
$\sigma_\alpha$	$0.0025 \pm 0.0011$	0.0024
$RI_\gamma$	$0.22 \pm 0.02$	0.205

### Заключение

В РОСФОНД принять оценку А..Koning, 2004 из JEFF-3.1. Весьма желателен пересмотр этой оценки в области разрешенных резонансов (которую следует расширить до 1.5 МэВ, учтя вклад неразрешенных резонансов в плавной подложке, заданной в файле MF=3).

#### Автор рекомендации

Николаев М.Н.

## 20.2. Кальций-41

Радиоактивен. Распадается путем захвата орбитального электрона в калий-41. ( $T_{1/2} = 1.03 \cdot 10^5$  лет).

Сечение радиационного захвата тепловых нейтронов, следующее из файла (4 барна) в точности соответствует рекомендации Мухабхаба.

### Заключение

В РОСФОНД принята оценка из EAF-2003

#### Автор рекомендации

Кощеев В.Н.

<sup>1</sup> S.F.Mughabghab. Atlas of Neutron Resonances. Resonance Parameters and Thermal Cross Sections. ELSEVIER, 2005.

### 20.3. Кальций-42

Содержание в естественной смеси 0.647%.

Область разрешенных резонансов в оценке Кёнинга простирается до 300 кэВ.

Резонансные параметры соответствуют атласу Мухабхаба издания 1981г<sup>2</sup>. В новом издании атласа параметры несколько изменены, но число резонансов, для которых приведены параметры осталось прежним. Ограничение области разрешенных резонансов 300 кэВ представляется оправданным. В таблице 2 тепловые сечения и резонансный интеграл, следующие из файла, сравниваются с рекомендацией Мухабхаба.

Таблица 2. Тепловые сечения и резонансный интеграл кальция-42.

Величина	Мухабхаб	Рассчитано по NJOY
$\sigma_\gamma$	0.680±0.070	0.683
$\sigma_s$	1.38±0.08	1.237
$RI_\gamma$	0.392±0.04	0.363

#### Заключение

В РОСФОНД принять оценку А..Koning, 2004 из JEFF-3.1

#### Автор рекомендации

Николаев М.Н.

### 20.4. Кальций-43

Содержание в естественной смеси 0.135%.

Область разрешенных резонансов в оценке Кёнинга простирается до 400 кэВ.

Резонансные параметры соответствуют атласу Мухабхаба издания 1981г. В новом издании атласа параметры заметно изменены, приведены энергии и резонансные интегралы захвата для многих дополнительных резонансов.. В таблице 3 тепловые сечения и резонансный интеграл, следующие из файла, сравниваются с рекомендацией Мухабхаба.

Таблица 3. Тепловые сечения и резонансный интеграл кальция-43.

Величина	Мухабхаб	Рассчитано по NJOY
$\sigma_\gamma$	6.2±0.6	11.66
$\sigma_s$		4.21
$RI_\gamma$	3.93±0.15	5.77

#### Заключение

В РОСФОНД принята оценка А..Koning, 2004 из JEFF-3.1. Переоценка сечений, особенно в области разрешенных резонансов, весьма желательна.

#### Автор рекомендации

Николаев М.Н.

---

<sup>2</sup> S.F.Mughabghab, M/Divadinem, N.e.Holden. Neutron Cross Sections. Vol.1 Neutron Resonance Parameters and Thermal Cross Sections. BNL, 1981.

## 20.5. Кальций-44

Содержание в естественной смеси 2.086%.

Область разрешенных резонансов в оценке Кёнинга простирается до 500 кэВ. Эта область содержит параметры 24 s- и 15 p-резонансов, соответствующих атласу Мухабхаба<sup>1</sup>. Лишь 10 резонансов лежат выше границы этой области. В таблице 3 тепловые сечения и резонансный интеграл, следующие из файла, сравниваются с рекомендацией Мухабхаба.

Таблица 3. Тепловые сечения и резонансный интеграл кальция-44.

Величина	Мухабхаб	Рассчитано по NJOY
$\sigma_{\gamma}$	0.88±0.5	0.888
$\sigma_s$		3.359
$RI_{\gamma}$	0.56±0.01	0.418

Расхождение в резонансном интеграле намного превосходит погрешность, указанную Мухабхабом. Величина последней, однако, вызывает сомнения: резонансный интеграл измерялся в единственной работе Sims&Juhnke относительно резонансного интеграла кобальта-59 (погрешность которого, согласно Мухабхабу, составляет 3%). Тем не менее, приходится констатировать противоречие в имеющихся данных для резонансной области, которое, вероятно, могло бы быть устранено корректировкой резонансных параметров методом наименьших квадратов.

### Заключение

В РОСФОНД принята оценка А. Koning, 2004 из JEFF-3.1. Переоценка сечений в области разрешенных резонансов была бы желательной.

### Автор рекомендации

Николаев М.Н.

## 20.6. Кальций-45

Радиоактивен. Испытывает бета-распад в скандий-45. ( $T_{1/2}=163$  д).

Сечение радиационного захвата тепловых нейтронов, следующее из файла (15 барн) в точности соответствует рекомендации Мухабхаба.

### Заключение

В РОСФОНД принята оценка из EAF-2003.

### Автор рекомендации

Николаев М.Н.

## 20.7. Кальций-46

Содержание в естественной смеси 0.004%.

В файле из JEFF-3.1 полное сечение и сечение рассеяния ниже 1 кэВ равны нулю. В ENDF/B-VII, включившем оценку Кёнинга, этот недостаток устранен с использованием данных из JENDL-3.3.

Заметим, что в то время, как тепловое сечение захвата для кальция-46, следующее из оценки (0.70 барн) согласуется с рекомендацией Мухабхаба, резонансный интеграл (0.336 барн) втрое ниже указанного Мухабхабом (0.96±0.10).

#### Заключение

В РОСФОНД принята оценка А..Koning, 2004, откорректированная при ее включении в ENDF/B-VII.

#### Автор рекомендации

Николаев М.Н.

### 20.6. Кальций-47

Радиоактивен. Испытывает бета-распад в скандий-47 ( $T_{1/2}=4.536$  дн.), который, в свою очередь распадается с периодом  $T_{1/2}=3.35$  дн. в стабильный титан-47. Следующие из файла сечение захвата тепловых нейтронов и резонансный интеграл равны, соответственно, 1.589 барн и 0.0825 барн. Экспериментальные данные не известны.

#### Заключение

В РОСФОНД принята оценка из EAF-2003.

#### Автор рекомендации

Кошечев В.Н.

### 20.9. Кальций-48

Содержание в естественной смеси 0.187%.

Область разрешенных резонансов в оценке Кёнинга простирается до 500 кэВ и содержит параметры одного s- и 4-х p-резонансов. Имеются существенные отличия в параметрах первых резонансов по сравнению с оценкой Мухабхаба<sup>1</sup>. Указанные Мухабхабом резонансы при 19.3 кэВ и 106.9 кэВ в оценке отсутствуют. Резонансу при 161.4 кэВ в оценке приписана нейтронная ширина 590 эВ, тогда как в атласе Мухабхаба она равна 0.059±5.000 эВ. Можно думать, что в атласе имеется ошибка на 4 порядка. Параметры резонансов, лежащих при более высоких энергиях, совпадают.

В таблице 4 тепловые сечения и резонансный интеграл захвата, следующие из оценки, сравниваются с данными Мухабхаба. Двукратное расхождение в резонансном интеграле объясняется отсутствием в оценке резонанса при 106.9 кэВ.

Таблица 4. Тепловые сечения и резонансный интеграл кальция-48.

Величина	Мухабхаб	Рассчитано по NJOY
$\sigma_{\gamma}$	1.09±0.14	1.090
$\sigma_s$		3.756
$RI_{\gamma}$	0.89±0.18	0.376

#### Заключение

В РОСФОНД принята оценка А..Koning, 2004 из JEFF-3.1.

#### Автор рекомендации

Николаев М.Н.