

## 70.ИТТЕРБИЙ

Природный иттербий имеет 7 стабильных изотопов:  $^{168}\text{Yb}$ ,  $^{170}\text{Yb}$ ,  $^{171}\text{Yb}$ ,  $^{172}\text{Yb}$ ,  $^{173}\text{Yb}$ ,  $^{174}\text{Yb}$ ,  $^{176}\text{Yb}$  и три достаточно долгоживущих радиоактивных изотопа:  $^{166}\text{Yb}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ,  $^{175}\text{Yb}$ .

Ни один из изотопов иттербия не образуется при делении ядер в качестве осколка. Возможные реакции образования изотопов иттербия в реакторе – это реакции (n,p) на изотопах лютеция и реакции (n, $\alpha$ ) на изотопах гафния. Все эти реакции имеют высокие пороги. Не удивительно, что ни для одного изотопа иттербия, равно как и для природного иттербия в современных библиотеках не содержится полных файлов оцененных данных. Полная информация о сечениях нейтронных реакций содержится в библиотеке EAF-2003, данные которой и будут кратко обсуждаться ниже.

### 70.1. Иттербий-166

Радиоактивен ( $T_{1/2}=56.7$  ч.). Путем захвата орбитального электрона распадается в туллий-166, а затем ( $T_{1/2}=7.7$  ч.) в эрбий-166. Возможный источник – реакция  $^{168}\text{Yb}_{(0.13\%)}(n,3n)$ .

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 48.3 барн;

резонансный интеграл захвата: 326 барн.

Экспериментальных данных для проверки этих и других нейтронных сечений в EXFORe не содержится.

#### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Сечения возбуждения изомерных состояний, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

### 70.2. Иттербий-168

Содержание в естественной смеси 0.13%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 2305 барн;

резонансный интеграл захвата: 21213 барн.

Это практически совпадает с рекомендацией Мухабхаба ( $2300\pm170$  и  $21300\pm1000$ ), которая опирается на результаты 6 независимых измерений.

Резонансный интеграл почти полностью определяется первым резонансом. Структура сечений в резонансной области, принятая в оценке (см. где приводится сечение захвата) в точности соответствует параметрам из атласа 1984 г. :

E0,eV	gГn,meV	Гg,meV	gГn0
<b>0.597</b>	<b>2.2</b>	<b>64</b>	<b>2.8</b>
<b>9.71</b>	<b>0.08</b>	64	0.026
<b>22.5</b>	<b>25.6</b>	64	5.4
<b>27.14</b>	<b>2.45</b>	64	0.47
<b>188.09</b>	<b>171</b>	64	12.5

При их оценке не были приняты во внимание результаты Вертебного, (Vertebny-72), который работая с образцом, содержащим 17%  $^{168}\text{Yb}$ , не обнаружил резонанса при 188 эВ, но отметил довольно сильные резонансы при 8.17 эВ и 66.8 эВ, а также слабые резонансы при 40.8 эВ, 56.8 эВ, 80.7 эВ, 253 эВ и 289 эВ, нейтронные ширины которых не определены. С другой стороны, Лью (Liou-73) подтвердил наличие резонансов при 22ю5 эВ и 188 эВ в экспериментах с природным иттербием и образцами обогащенных изотопов кроме  $^{168}\text{Yb}$ .

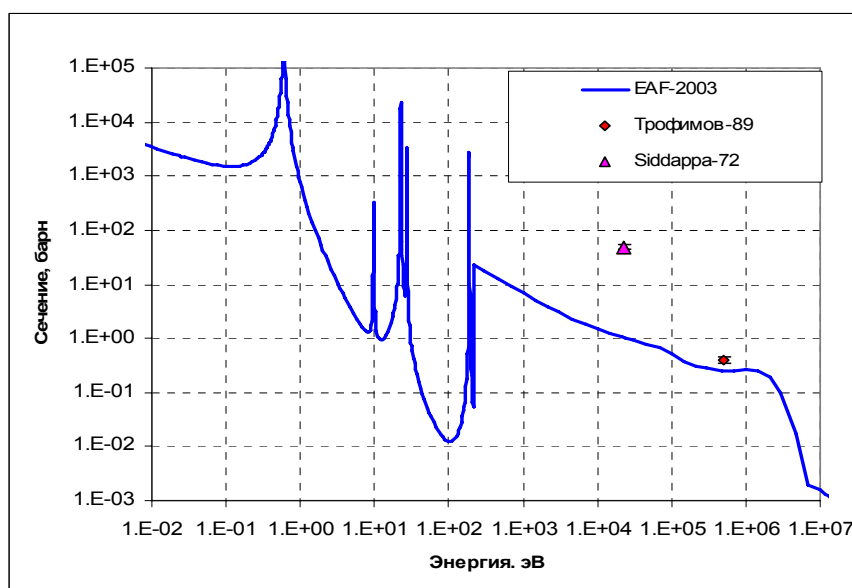


Рис.1. Сечение захвата.

Рис.1 показывает, что вне резонансной области оцененное сечение захвата, вероятно занижено.

Под действием тепловых нейтронов возможна реакция (n, $\alpha$ ). Из измерений Энсалема (Ensalle-74) ее сечение равно 0.1 миллибарна; оцененное значение именно таково.

### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Сечения возбуждения изомерных состояний, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

### 70.3. Иттербий-169

Радиоактивен ( $T_{1/2}=32.018$  дн.). Путем захвата орбитального электрона распадается в туллий-169. Наиболее вероятный источник этого изотопа – реакция  $^{168}\text{Yb}_{(0.13\%)}(n,\gamma)$ .

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 3601 барн;

резонансный интеграл захвата: 2162 барн.

Тепловое сечение совпадает с рекомендацией Мухабхаба (1984):  $3600\pm300$  барн, а резонансный интеграл существенно ниже рекомендованного Мухабхабом:  $5200\pm500$  барн. В EXFORe экспериментальных данных для этого изотопа не приводится. Тем не менее, в справочнике Мухабхаба 1984 г. даны параметры 21 резонанса с энергиями до 45.4 эВ. Структура сечения захвата в оценке EAF-2003 соответствует этим данным (см. рис.1)

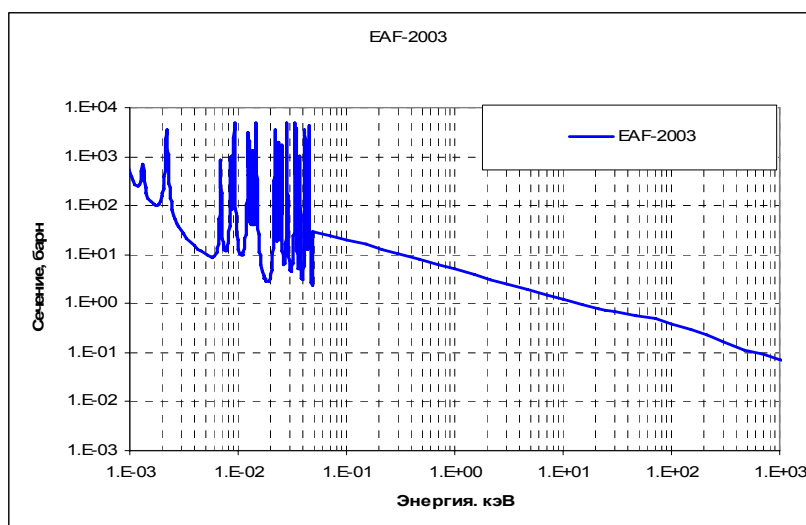


Рис.1. Сечение захвата

#### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Сечения возбуждения изомерных состояний, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

### 70.4. Иттербий-170

Содержание в естественной смеси 3.04%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 11.4 барн;

резонансный интеграл захвата: 323 барн.

Это совпадает с рекомендацией Мухабхаба 1984г. ( $11.4\pm1.0$  и  $320\pm30$ ), но несколько выше его последних рекомендаций (2006) :  $9.9\pm1.8$  и  $293\pm30$  барн. В EXFORe даны только данные Доброземцева-71 ( $12\pm2$  барн и  $270\pm30$  барн соответственно).

Резонансная структура в EAF-2003 описана только до 1 кэВ, хотя известны параметры трех сильных резонансов выше этой энергии (до 1320 эВ).

Вне резонансной области сечение захвата ниже 100 кэВ низковато, а выше - излишне высоко относительно экспериментальных данных, из которых результаты Висшака отличаются весьма высокой точностью.

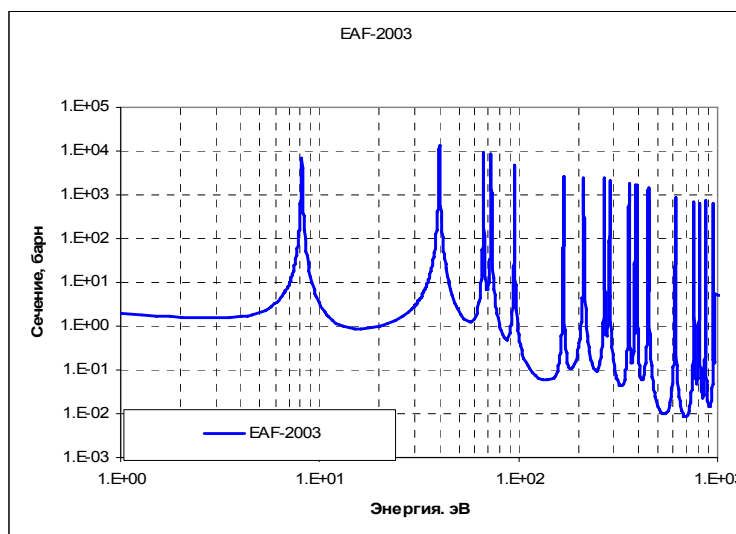


Рис.1а. Сечение захвата.

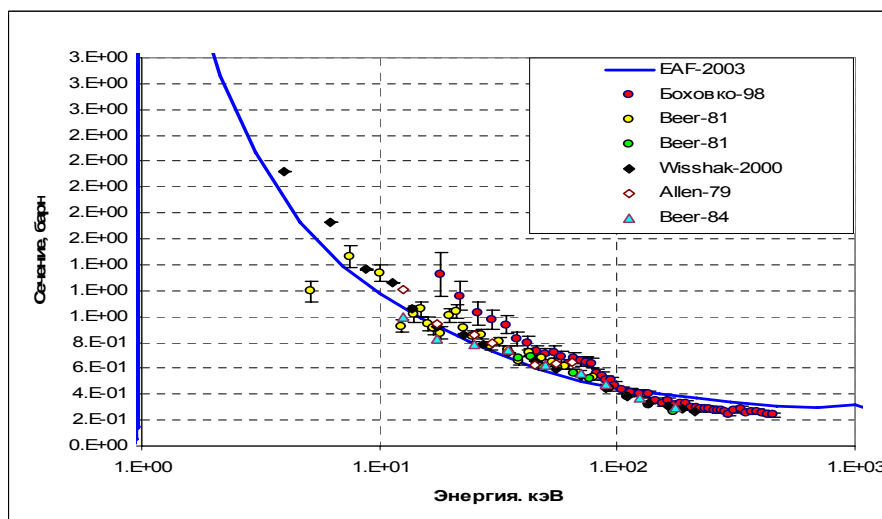


Рис.1б. Сечение захвата

Под действием тепловых нейтронов возможна реакция  $(n, \alpha)$ . Из измерений Энсалема (Ensalle-74) ее сечение равно 0.1 миллибарна; оцененное значение именно таково. Однако согласно данным Андреева-65 это сечение не превышает 0.04 миллибарн.

### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Сечения возбуждения изомерных состояний, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

## 70.5. Иттербийй-171

Содержание в естественной смеси 14.28%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 48.8 барн;

резонансный интеграл захвата: 322 барн.

Это совпадает с рекомендацией Мухабхаба 1984г. ( $48.6 \pm 2.5$  и  $315 \pm 30$ ), но несколько выше его последней рекомендации (2006) по сечению захвата:  $58.3 \pm 4.0$  барна, соответствующей измерениям Доброземцева-71 ( $58 \pm 4$  барн и  $332 \pm 30$  барн).

Резонансная структура в EAF-2003 описана до 1585 эВ, хотя известны параметры шести сильных резонансов выше этой энергии (до 1685 эВ).

Вне резонансной области сечение захвата удовлетворительно согласуется с совокупностью экспериментальных данных, хотя и лежит несколько выше недавних результатов Висшака, претендующих на весьма высокую точность.

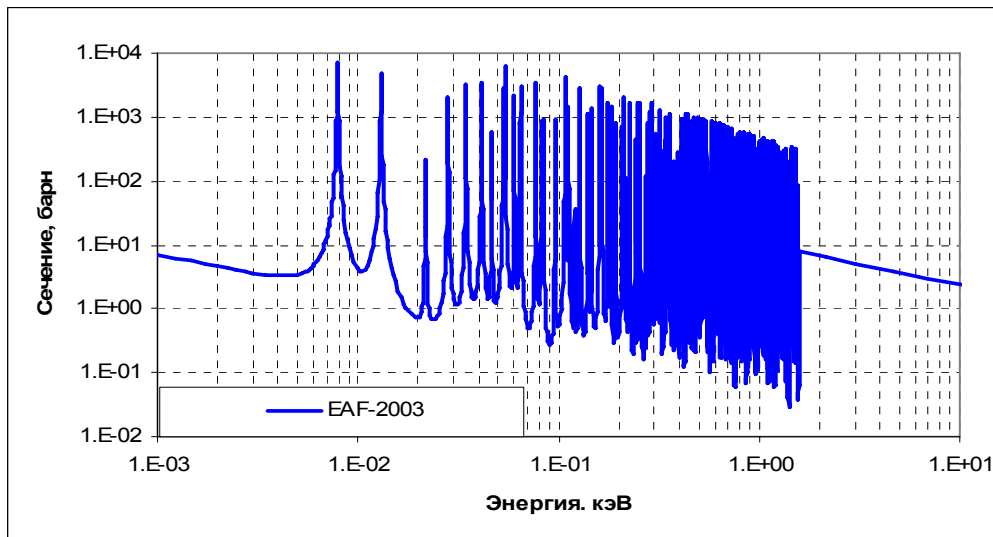


Рис.1а. Сечение захвата.

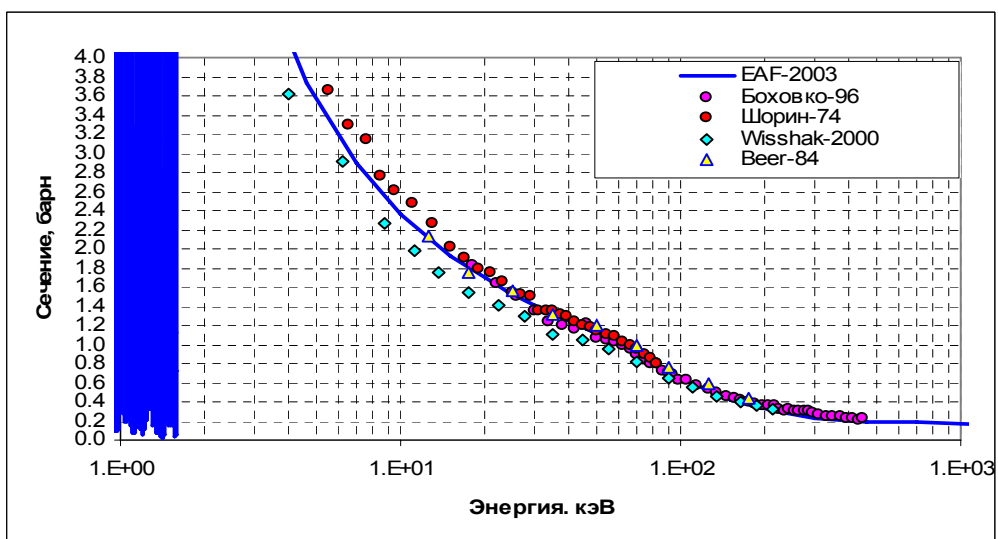


Рис.1б. Сечение захвата

Под действием тепловых нейтронов возможна реакция (n, $\alpha$ ). Из измерений Энсалема (Ensallem-74) ее сечение равно 1.5 миллибарна; оцененное значение именно таково. Однако согласно данным Андреева-65 это сечение не превышает 0.04 миллибарн.

### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

## 70.6. Иттербий-172

Содержание в естественной смеси 21.83%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 0.80 барн;

резонансный интеграл захвата: 26.8 барн.

Это практически совпадает с рекомендацией Мухабхаба 1984г. ( $0.8 \pm 0.4$  и  $25 \pm 3$ ), но ниже его последней рекомендации (2006) по сечению захвата:  $1.3 \pm 0.8$  барна, соответствующей измерениям Доброземцева-71 ( $1.3 \pm 0.8$  барн и  $25 \pm 3$  барн).

Резонансная структура в EAF-2003 описана до 3.71 кэВ, хотя могла бы быть продолжена до 10 кэВ.

Вне резонансной области сечение захвата удовлетворительно согласуется с совокупностью экспериментальных данных, хотя и лежит несколько выше недавних результатов Висшака, претендующих на весьма высокую точность.

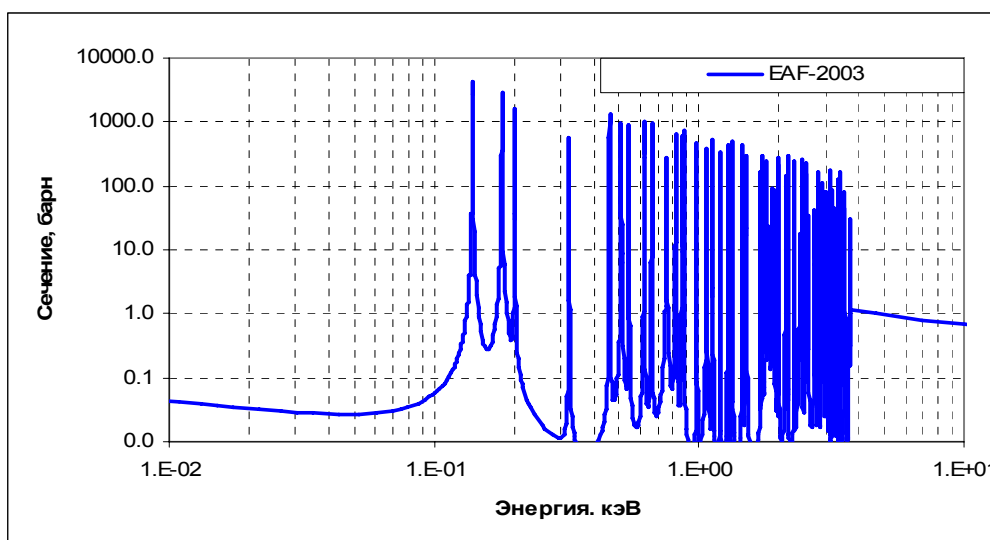


Рис.1а. Сечение захвата.

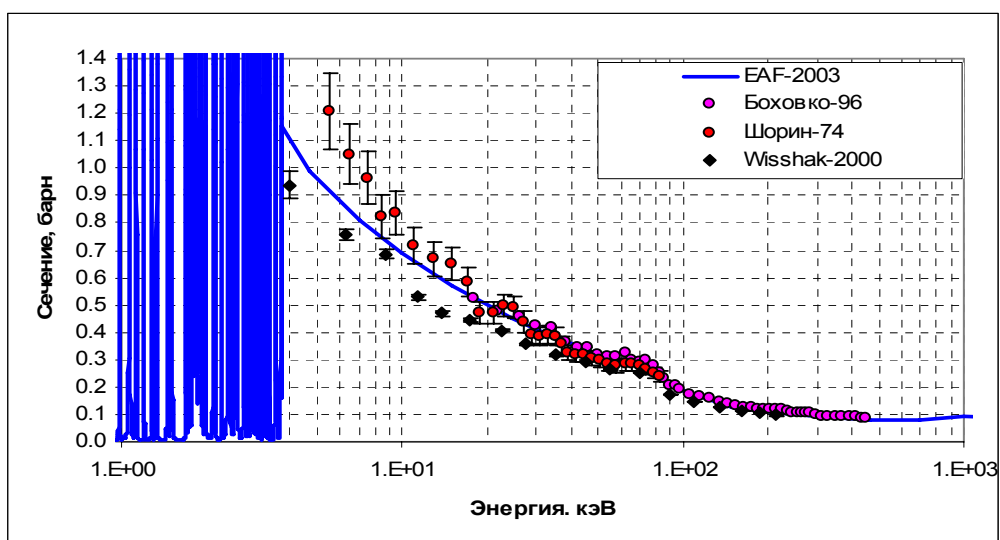


Рис.16. Сечение захвата

### Закключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

## 70.7. Иттербий-173

Содержание в естественной смеси 16.13%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 17 барн;

резонансный интеграл захвата: 379 барн.

Это совпадает с рекомендацией Мухабхаба 1984г. ( $17.1 \pm 1.3$  и  $380 \pm 30$ ), но чуть ниже его последней рекомендации (2006) по сечению захвата:  $15.5 \pm 1.5$  барна, соответствующей измерениям Доброземцева-71 ( $1.3 \pm 0.8$  барн). Последний однако дает для резонансного интеграла большее значение-  $410 \pm 40$  барн.

Резонансная структура в EAF-2003 описана до 1.58 кэВ, хотя могла бы быть продолжена до 1.8 кэВ.

Вне резонансной области сечение захвата удовлетворительно согласуется с совокупностью экспериментальных данных, хотя и лежит несколько выше недавних результатов Висшака, претендующих на весьма высокую точность.

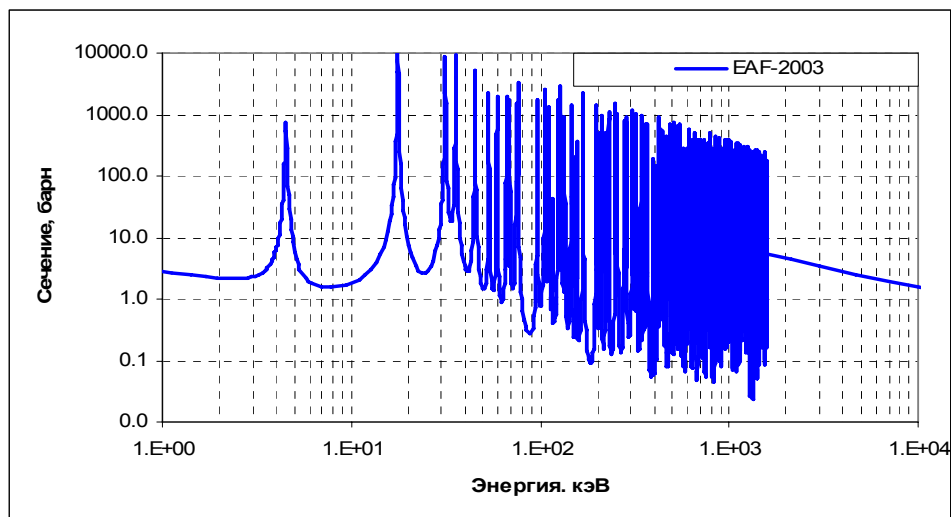


Рис.1а. Сечение захвата.

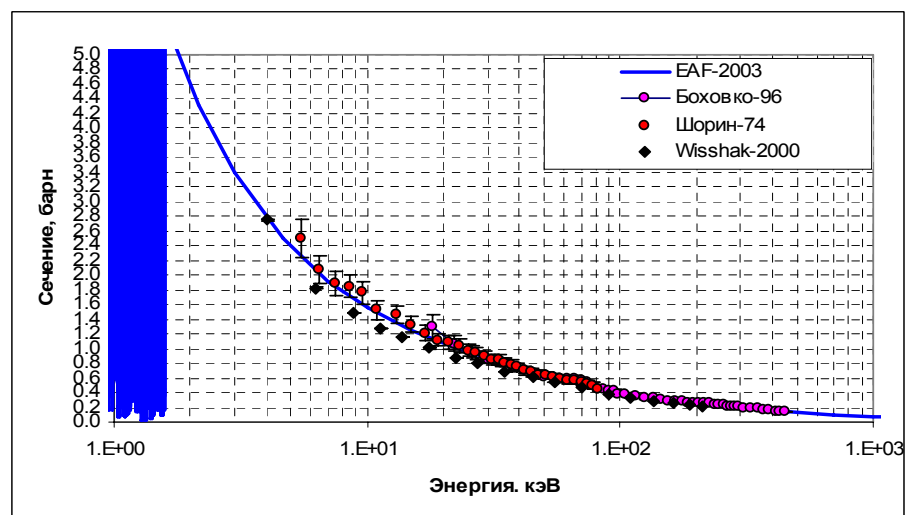


Рис.1б. Сечение захвата

### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

## 70.8. Иттербий-174

Содержание в естественной смеси 31.83%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 69.2 барн;

резонансный интеграл захвата: 27.6 барн.

Это совпадает с рекомендацией Мухабхаба 1984г. ( $69.4 \pm 5.0$  и  $27 \pm 3$ ), но чуть ниже его последней рекомендации (2006) по сечению захвата:  $63.2 \pm 1.5$  барна. Заметим, что никакой дополнительной экспериментальной информации в промежуток времени между этими оценками не появилось.



Резонансная структура в EAF-2003 описана до 4.3 кэВ, хотя могла бы быть продолжена до 19 кэВ.

Вне резонансной области сечение захвата удовлетворительно согласуется с совокупностью экспериментальных данных, хотя и лежит несколько выше недавних результатов Висшака, претендующих на весьма высокую точность.

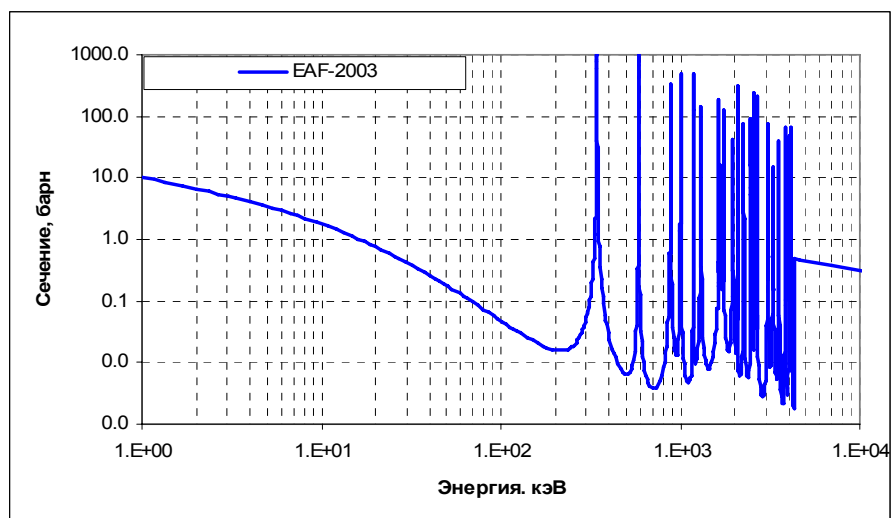


Рис.1а. Сечение захвата.

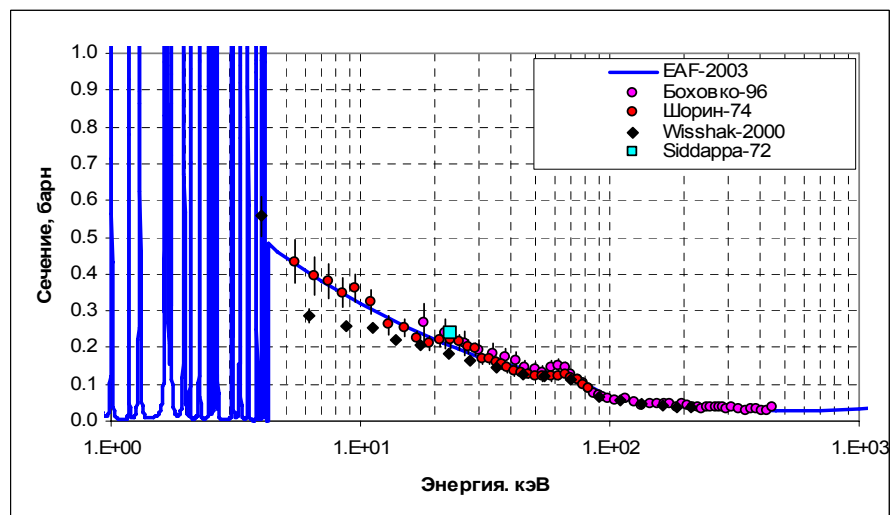


Рис.1б. Сечение захвата

### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

## 70.9. Иттербий-175

Радиоактивен ( $T_{1/2}=4.2$  дн.). Испытывает бета-распад в стабильный лютеций-175.

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 28.3 барн;

резонансный интеграл захвата: 237 барн.

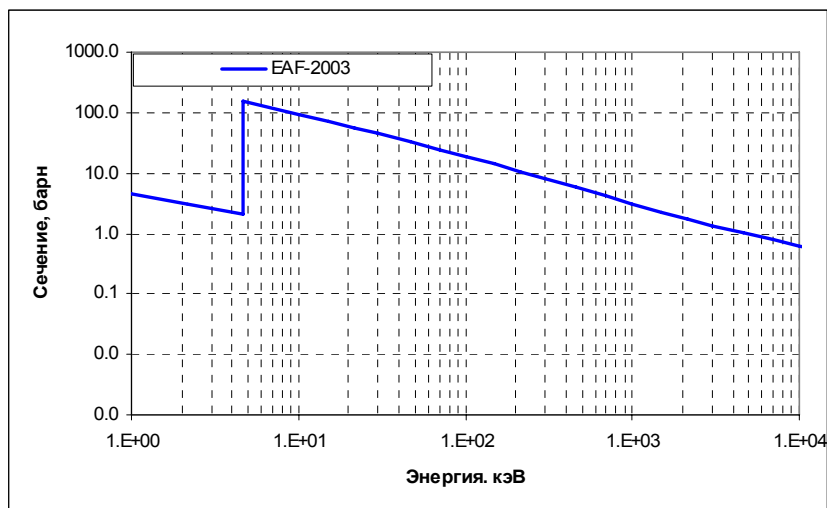


Рис.1а. Сечение захвата.

### Закключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

**Автор заключения**

Николаев М.Н.

## 70.10. Иттербий-176

Содержание в естественной смеси 12.76%

На рис.1. оценка сечения захвата из EAF-2003 сравнивается с имеющимися экспериментальными данными.

Согласно EAF-2003:

сечение захвата тепловых нейтронов: 2.86 барн;

резонансный интеграл захвата: 2.85 барн.

Это совпадает с рекомендациями Мухабхаба 1984г. и 2003 г. ( $2.85\pm0.05$  и  $6.3\pm0.6$ ).

Резонансная структура в EAF-2003 описана до 3 кэВ, хотя могла бы быть продолжена до 19.7 кэВ.

Вне резонансной области сечение захвата не противоречит экспериментальным данным, согласие между которыми оставляет желать лучшего.

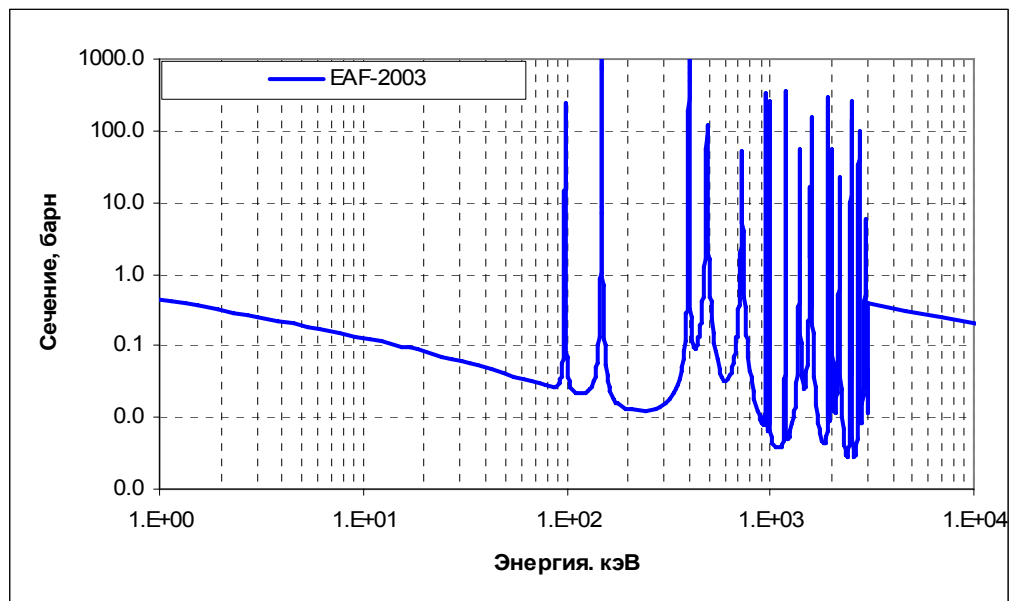


Рис.1а. Сечение захвата.

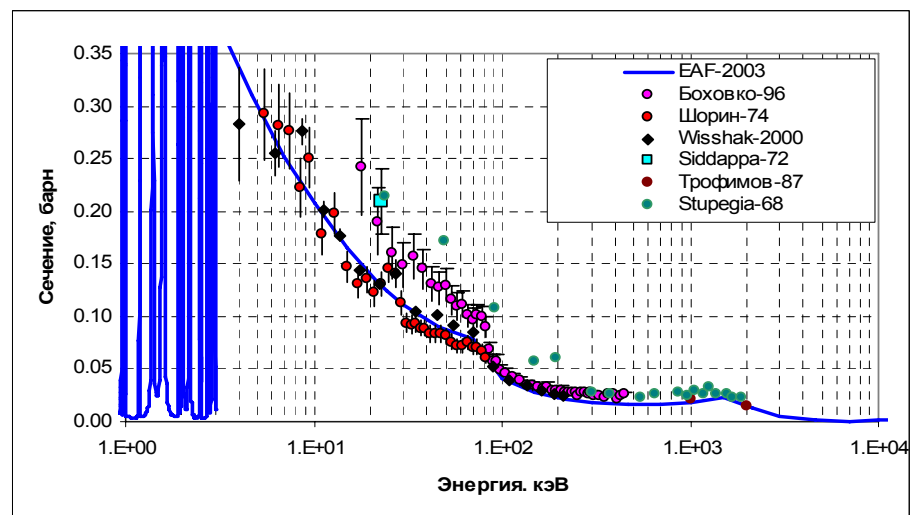


Рис.1б. Сечение захвата

### Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных из EAF-2003. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

**Автор заключения**  
Николаев М.Н.