

38.СТРОНЦИЙ

38.1. Стронций-82

Радиоактивен ($T_{1/2}=25.34$ дн.). захватывая орбитальный электрон превращается в рубидий-82, а тот тем же путем – в криптон-82.

Полных наборов оцененных нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя оценка нейтронных сечений. Из нее получены следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=15.06 \text{ барна}$$

$$RI_c=17.53 \text{ барна.}$$

Экспериментальные данные для проверки оценки отсутствуют

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 опустить. Файлу присвоить МАТ=3882

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.2. Стронций-83

Радиоактивен ($T_{1/2}=32.4$ ч.). захватывая орбитальный электрон превращается в рубидий-83, а тот тем же путем – в криптон-83.

Полных наборов оцененных нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя оценка нейтронных сечений. Из нее получены следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=29.4 \text{ барна}$$

$$RI_c=273.9 \text{ барна.}$$

Экспериментальные данные для проверки оценки отсутствуют

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 опустить. Файлу присвоить МАТ=3883

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.3. Стронций-84

Содержание в естественной смеси 0.56%

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $6.7 \cdot 10^{-12}$.

Имеется два полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка координационной группы 1982 г., заимствованная из ENDF/B-V. ENDF/B-VIIb2 – оценка Хермана, Обложинского, Сарера и Мухабхаба (Herman, Oblozinsky, Sarer, Mughabghab), 2005 г.

Обе оценки содержат область разрешенных резонансов, содержащую 10 резонансов (из них согласно JEFF-3.1 1 р-резонанс, а согласно ENDF/B-VIIb2- 2). Связанных состояний не описано. Параметры резонансов несколько отличны, что отразилось на тепловых сечениях и резонансном интеграле:

JEFF-3.1	ENDF/B-VIIb2
$\sigma_t(0.0253 \text{ eV})=4.74 \text{ барна}$	$\sigma_t(0.0253 \text{ eV})=5.78 \text{ барна}$
$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=0.81 \text{ барна}$	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=0.63 \text{ барна}$
$RI_c=10.2 \text{ барна.}$	$RI_c=11.7 \text{ барна.}$

Экспериментальные данные разбросаны довольно сильно, но всё же указывают на заниженность оцененных сечений захвата. Ниже приводятся результаты измерений сечения захвата с образованием основного и изомерного состояния и дана их сумма.

	M	G	T (получено сложением)
Heft-78:	0.625 ± 0.030 ;	0.199 ± 0.010 ;	0.82 ± 0.03 .
Foglio Para-67:	0.735 ± 0.017 ;	0.24	0.98 ± 0.03 .
Hans-60:	0.40 ± 0.2 ;	0.60 ± 0.2	1.0 ± 0.3
Lyon-53			1.46 ± 0.15

Результаты измерения резонансного интеграла также весьма разбросаны, но также превышают результаты оценки:

Ricabarra-72:	6.7 ± 1.3 ;
Van Der Linden-72:	23 ± 2.9 ;
Steinnes-72	10.6 ± 1.1 .

На рис.1 сравниваются результаты оценки сечения захвата в резонансной области и выше с имеющимися экспериментальными данными. Последние различаются почти на порядок и не позволяют отдать предпочтение какой-либо из оценок.

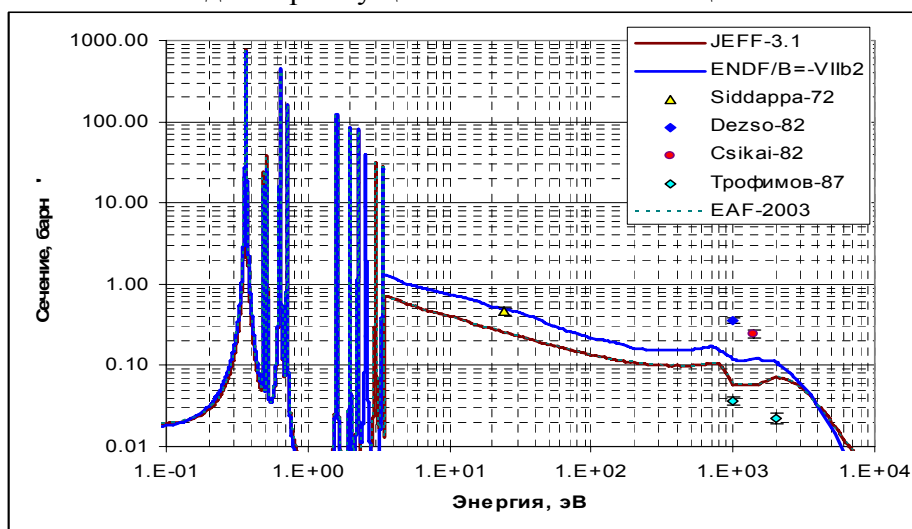


Рис.1. Сечение захвата
Закключение

В РОСФОНД, видимо, целесообразно принять файл данных из ENDF/B-VIIb2, отметив противоречивость оцененных и экспериментальных данных и ненадежность последних. Файлу присвоить МАТ=3884

Автор рекомендации
Николаев М.Н.

38.4. Стронций-85

Радиоактивен ($T_{1/2}=64.9$ дн.). захватывая орбитальный электрон превращается в рубидий-85.

Полных наборов оцененных нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя оценка нейтронных сечений. Из нее получены следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=21.8 \text{ барна}$$

$$RI_c=166.2 \text{ барна.}$$

Экспериментальные данные для проверки оценки отсутствуют

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 опустить. Файлу присвоить MAT=3885

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.5. Стронций-86

Содержание в естественной смеси 9.86%

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $7.6 \cdot 10^{-7}$.

Имеется три полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка координационной группы 1982 г., заимствованная из ENDF/B-V.

JENDL-3.3 – оценка Японской группы по оценке данных для продуктов деления 1984 г., перешедшая из JENDL-2 с несущественными изменениями

ENDF/B-VIIb2 – оценка международной рабочей группы по продуктам деления и Мухабхаба, 2005 г.

Все оценки содержат область разрешенных резонансов: в JENDL-3.3 простирающуюся до 37120 эВ и содержащую 74 резонансов; в JEFF-3.1 – до 19940 эВ и содержащую 7 s- и 17 p-резонансов, а в ENDF/B-VIIb2- до 30 кэВ и содержит 11 s и 21 p-резонанс.

На рис.1 приведены нарастающие суммы числа резонансов в сравниваемых оценках. Видно, что до 5 кэВ числа резонансов совпадают, до 15 кэВ совпадают числа резонансов в оценках ENDF/B-VII и JENDL-3.3, а выше этой энергии плотность резонансов в ENDF/B-VII резко падает и оснований для продления области разрешенных резонансов до 30 кэВ нет.

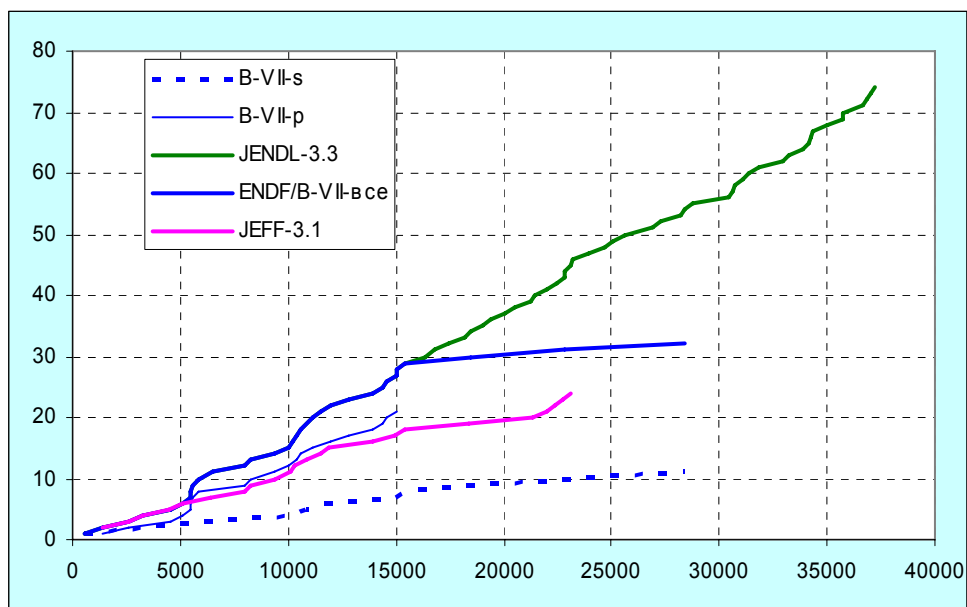


Рис.1. Нарастающие суммы числа резонансов.

Тепловые сечения и резонансные интегралы, следующие из оценок приведены ниже

Оценка	$\sigma(0.0253 \text{ эВ})$			RI
	Полное	Упругое	Захват	Захват
JEFF-3.1	5.08	2.24	2.84	5.09
JENDL-3.3	5.20	4.16	1.04	4.71
ENDF/B-VIIb2	3.80	2.80	1.01	4.76

Экспериментальные данные имеются только по сечению образования изомера $^{87}\text{Sr}^m$ ($T_{1/2}=2.81 \text{ ч.}$). Согласно EAF=2003 вероятность образования этого изомера при захвате тепловых нейтронов составляет 80%. Наиболее точные измерения сечения $^{86}\text{Sr}(n,\gamma)^{87}\text{Sr}^m$ таковы:

Mannhart-68: 0.81 ± 0.02 ;
 Foglio Para-67: 0.92 ± 0.05 ;
 Gulyas-60: 0.769 ± 0.048 ;
 Heft-72: 0.816 ± 0.025 .

Отсюда следует, что оценка полного сечения захвата порядка 1 барна реалистична, а 2.8 барна- завышена.

Известны результаты двух измерений резонансного интеграла захвата с образованием изомера:

Heft-78: 4.08 ± 0.40 ;
 Van Der Linden: 4.79 ± 0.24 .

Очевидно, оценка ENDF/B-VIIb2 согласуется с результатом Хефта. Данные Ван дер Линдена на 15% выше.

На рис.2 сравниваются результаты оценки сечения захвата в резонансной области и выше с имеющимися экспериментальными данными. На их основе трудно отдать предпочтение какой-либо из оценок. Всё же данные Уолтера ближе к оценке JENDL-3.3

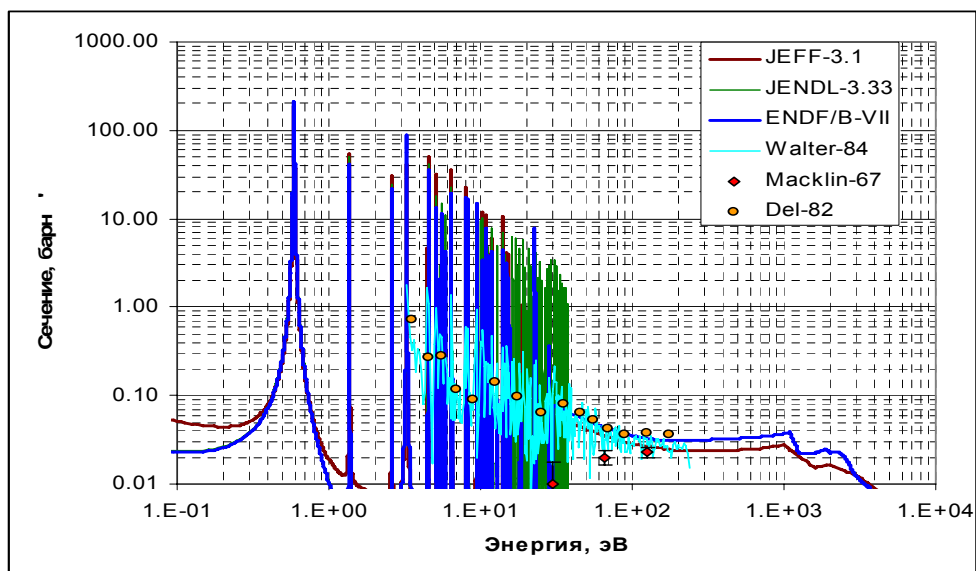


Рис.2. Сечение захвата

Заключение

В РОСФОНД целесообразно принять файл данных из JENDL-3.3. Файлу присвоить MAT=3886

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.6. Стронций-87

Содержание в естественной смеси 7.00%

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $3.4 \cdot 10^{-9}$.

Имеется две полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка координационной группы 1982 г., заимствованная из ENDF/B-V.

JENDL-3.3 – оценка Японской группы по оценке данных для продуктов деления 1984 г., перешедшая из JENDL-2 с несущественными изменениями. Эта оценка принята и в ENDF/B-VIIb2.

Все оценки содержат область разрешенных резонансов: в JENDL-3.3 и ENDF/B-VII простирающуюся до 14129 эВ и содержащую 115 s-резонансов и 1 p-резонанс; в JEFF-3.1 1 – до 1890 эВ и содержащую 10 s- и 12 p-резонансов. Недобор резонансов в этой старой оценке очевиден.

Тепловые сечения и резонансные интегралы, следующие из оценок приведены ниже

Оценка	$\sigma(0.0253 \text{ эВ})$			RI
	Полное	Упругое	Захват	Захват
JEFF-3.1	19.25	3.25	16.00	118
JENDL-3.3= ENDF/B-VIIb2	29.94	6.94	16.00	121

Экспериментальные данные по тепловому сечению захвата и резонансному интегралу отсутствуют, так что согласие оценок не следует рассматривать как свидетельство их надежности.

На рис.1 сравниваются результаты оценки сечения захвата в резонансной области и выше с имеющимися экспериментальными данными. Последние подтверждают оценку JENDL-3.3.

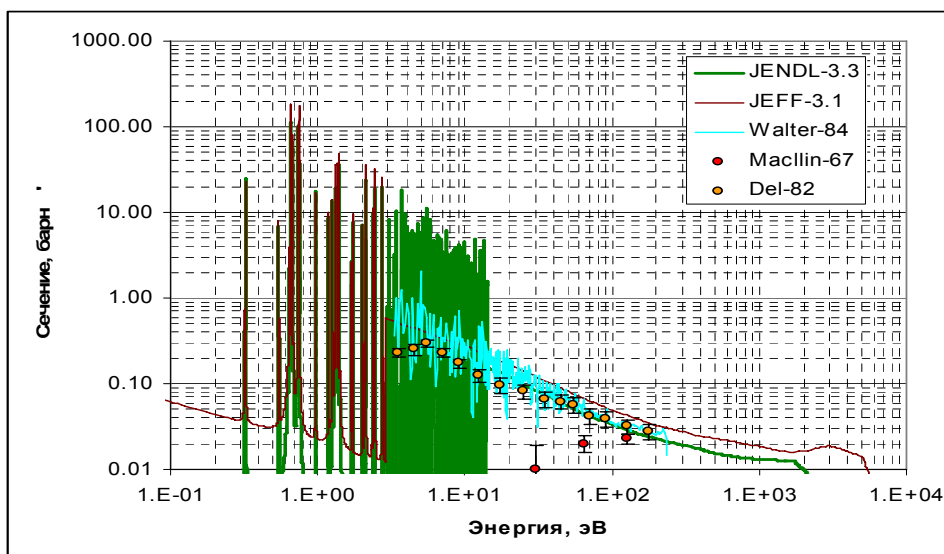


Рис.1. Сечение захвата

Закключение

В РОСФОНД целесообразно принять файл данных из JENDL-3.3. Отметить, что в области тепловых нейтронов данные экспериментально плохо обоснованы. Файлу присвоить MAT=3887

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.7. Стронций-88

Содержание в естественной смеси 82.58%

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $3.75 \cdot 10^{-2}$.

Имеется три полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка координационной группы 1982 г., заимствованная из ENDF/B-V.

JENDL-3.3 – оценка японской группы по оценке данных для продуктов деления 1990 г.

ENDF/B-VIIb2 – оценка Жуанга, Каи и Мухабхаба (Zhuang, Cai, Mughabghab) 2005 г..

В JEFF-3.1 область разрешенных резонансов простирается до 165.5 кэВ и содержит 4 s- и 12 p-резонансов с максимальной энергией 153.5 кэВ.

В JENDL-3.3 эта область простирается до 300 кэВ и содержит 13 s-, 133p- и 12 d-резонансов с максимальной энергией 845кэВ.

В ENDF/B-VII эта область простирается также до 300 кэВ и содержит 12 s- и 76 p-резонансов с максимальной энергией 29.8 кэВ.

На рис.1 сравниваются нарастающие суммы резонансов в двух последних оценках. Создается впечатление, что в ENDF/B-VII до границы области разрешенных резонансов нет существенного пропуска уровней, тогда как в JENDL-3.3 к 30 кэВ этот пропуск наблюдается (и хотя, вероятно, пропущены только уровни с низкими нейтронными

ширинами их вклад в радиационный захват может быть существенен поскольку $\Gamma_n \gg \Gamma_\gamma$). Существенно различается и деление уровней по спинам и четностям.

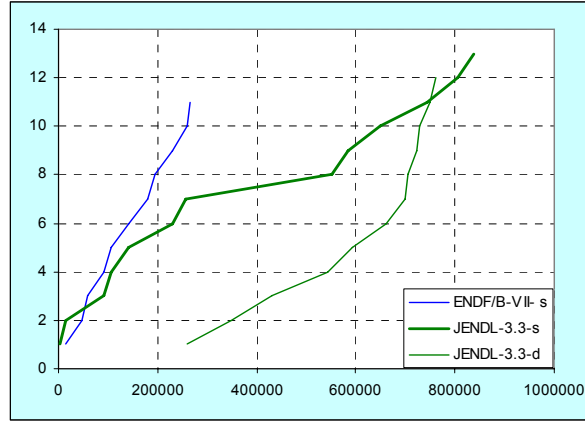


Рис.1а

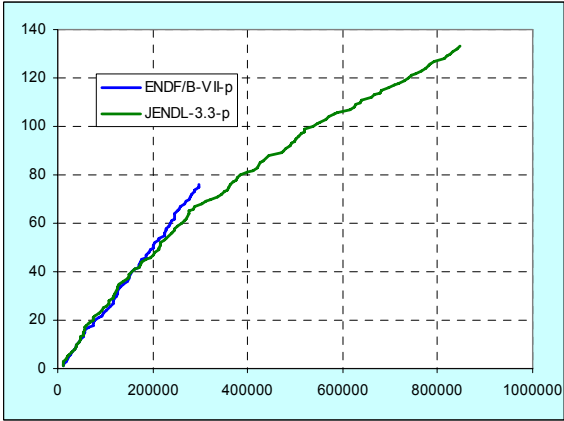


Рис.1б

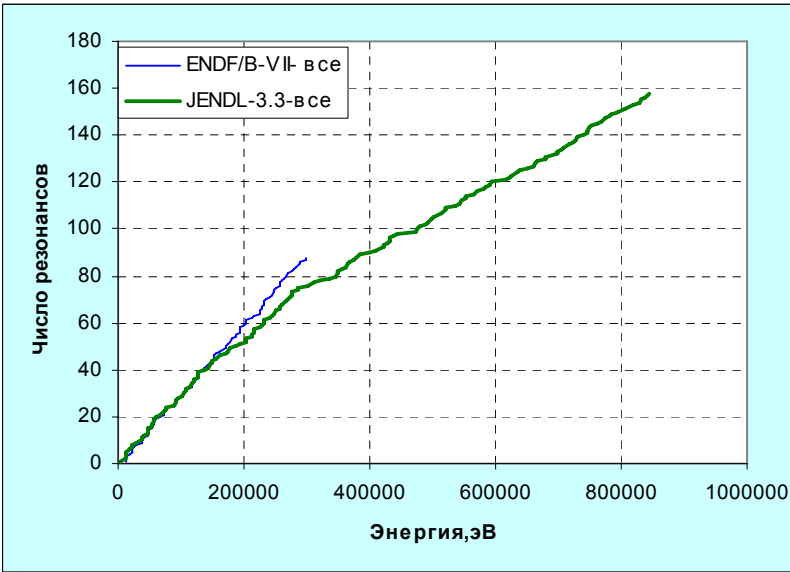


Рис.1в.

Тепловые сечения и резонансные интегралы, следующие из оценок приведены ниже

Оценка	$\sigma(0.0253 \text{ эВ})$			RI
	Полное	Упругое	Захват	Захват
JEFF-3.1	3.643	3.637	0.006	0.006
JENDL-3.3	5.468	5.463	0.006	0.053
ENDF/B-VIIb2	7.308	7.299	0.009	0.025
Seren-47			0.005±0.001	
Roy-58 ^{*)}			0.0058±0.004	
Asdente-56 ^{®)}			0.0025±0.003	

^{*)} В EXFORе приводится значение в 1000 раз большее – по видимому ошибочно.
^{®)} Измерено отношение сечений ⁸⁴Sr и ⁸⁸Sr; здесь первое принято равным 0.8 барна.
Измерения резонансного интеграла, видимо, не проводились.

На рис.2 сравниваются результаты оценки сечения захвата в резонансной области и выше с имеющимися экспериментальными данными. Различие резонансных структур, как видим, весьма велико. Учитывая участие Мухабхаба в последней оценке, следует отдать ей предпочтение.

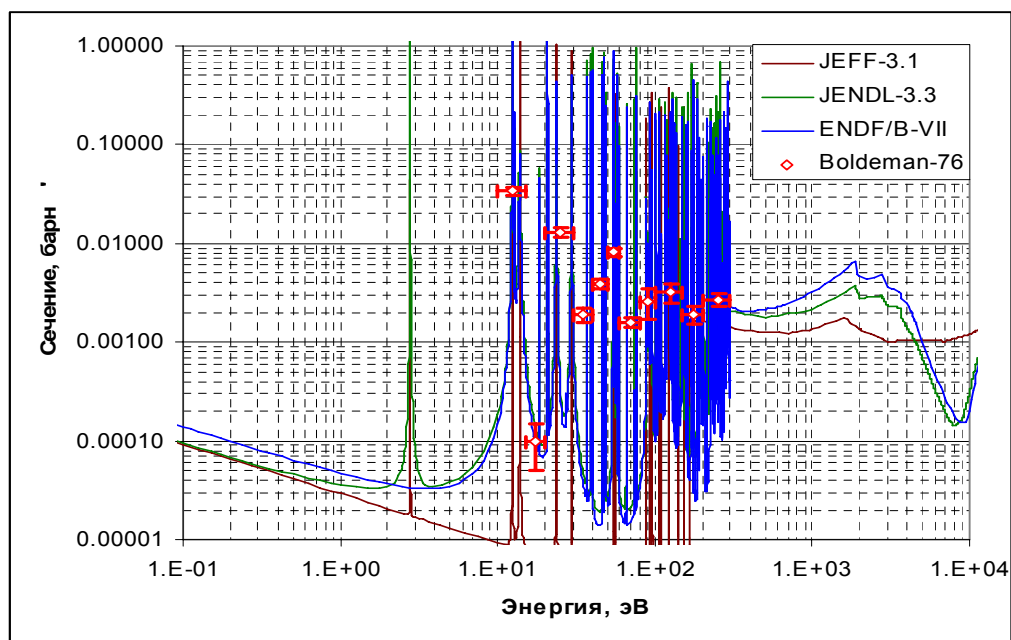


Рис.2. Сечение захвата

Заключение

В РОСФОНД целесообразно принять файл данных из ENDF/B-VII. Файлу присвоить MAT=3888

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.8. Стронций-89

Радиоактивен ($T_{1/2}=50.5$ дн.). Испытывает бета-распад в иттрий-89.

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $4.38 \cdot 10^{-2}$.

Имеется три полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка координационной группы 1982 г., заимствованная из ENDF/B-V.

JENDL-3.3 – оценка Японской группы по оценке данных для продуктов деления 1990 г.

ENDF/B-VIIb2 – оценка Жуанга и Мухабхаба (Имеется три полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка координационной группы 1982 г., заимствованная из ENDF/B-V.

JENDL-3.3 – оценка Японской группы по оценке данных для продуктов деления 1990 г.

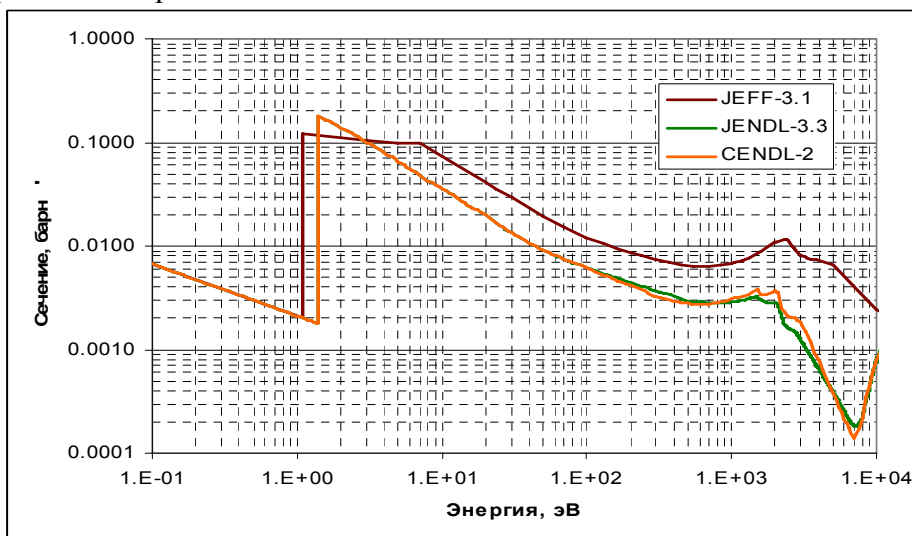
ENDF/B-VIIb2 – оценка Джин-лу Хана, Каи и Жуанга (Yin-lu Han, C.H.Cai, Y.X.Zhuang) из CENDL-2, 2005 г..

JEFF-3.1 не содержит резонансной области. В JENDL-3.3 и ENDF/B-VII введена область неразрешенных резонансов, простирающаяся до 100 кэВ и содержащая параметры s- и -p- резонансов. Тепловые сечения резонансные интегралы, следующие из оценок, приведены ниже вместе с единственным экспериментальным результатом.

Оценка	$\sigma(0.0253 \text{ эВ})$			RI
	Полное	Упругое	Захват	Захват

JEFF-3.1	4.06	3.64	0.42	0.50
JENDL-3.3= ENDF/B-VIIb2	6.15	5.73	0.42	0.40
Roy-57			0.49±0.1	

На рис.1. Проводится сравнение оцененных сечений захвата



Существенной разницы нет

Заключение

В РОСФОНД целесообразно принять оценку из CENDL-3, для согласования с JENDL-3.3 и ENDF/B-VII. Файлу присвоить MAT=3889.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

38.9. Стронций-90

Радиоактивен ($T_{1/2}=28.64$ г.). Испытывает бета-распад в иттрий-90, а тот тем же путем – в цирконий-90.

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $1.83 \cdot 10^{-3}$.

Имеется два полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка Группелаара и Менапаса 1982 г.

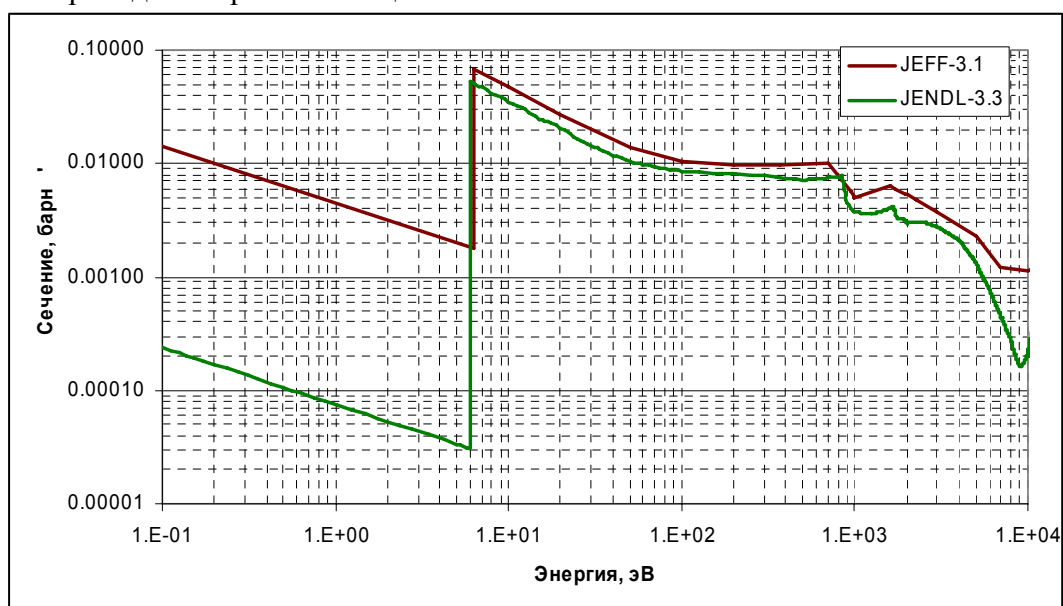
JENDL-3.3 и ENDF/B-VIIb2 – оценка японской группы по оценке данных для продуктов деления 1990 г.

JEFF-3.1 не содержит резонансной области. В JENDL-3.3 и ENDF/B-VII введена область неразрешенных резонансов, простирающаяся от 3 кэВ до 100 кэВ и содержащая параметры s-, p- и d- резонансов. До 3 кэВ сечения заданы поточечно.

Тепловые сечения и резонансные интегралы, следующие из оценок, приведены ниже вместе с экспериментальными данными. Видно, что оценка JEFF-3.1 опиралась на раннее измерение Цейзеля, давшее явно сильно завышенный результат. Даже сечение, принятое в более современной оценке, видимо, завышено раза в полтора.

Оценка	$\sigma(0.0253 \text{ эВ})$			RI
	Полное	Упругое	Захват	Захват
JEFF-3.1	4.57	3.67	0.90	0.49
JENDL-3.3= ENDF/B-VIIb2	5.85	5.83	0.015	0.067
Nakamura-02			0.010 ± 0.0013	
Lone-93			0.0097 ± 0.0007	
Harada-92			0.0153 ± 0.0013	
Mc Vey-83			0.014 ± 0.0024	
Zeisel-66			0.8 ± 0.5	

На рис.1. Проводится сравнение оцененных сечений захвата



Заключение

В РОСФОНД целесообразно принять оценку из JENDL-3.3. Сечение захвата в области до 3 кэВ понизить в 1.5 раза, увеличив соответственно сечение упругого рассеяния. Файлу присвоить MAT=3890.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.