

54.КСЕНОН

54.0 Общие замечания

Известно 14 стабильных и долгоживущих изотопов и изомеров самария, из которых 9 сохранились в природе. Из оставшихся пяти четыре являются долгоживущими изомерами. Весьма существенен также сравнительно короткоживущий ^{135}Xe ($T_{1/2}=9.10\text{ч.}$) с гигантским сечением захвата тепловых нейтронов. Кроме него при делении ядер образуются еще 9 из упомянутых 15 нуклидов (из них три – изомеры).

Долгоживущий ^{127}Xe ($T_{1/2}=36.4\text{ дн.}$) образуются из природных изотопов в результате нейтронных реакций.

В библиотеке РОСФОНД представлены данные для всех 15 нуклидов. При обосновании выбора оцененных данных особое внимание уделялось ^{135}Xe , обладающему аномально высоким сечением поглощения тепловых нейтронов.

Нейтронные данные для изотопов и изомеров ксенона представлены в различных библиотеках со следующей полнотой:

ФОНД-2.2 – все 15 нуклидов (оценки 90-х годов).

БРОНД-2 – только ксенон-131.

JENDL-3.3 – 11 изотопов – стабильных или являющимися продуктами деления.

JEFF-3.1– 11 изотопов – стабильных или являющимися продуктами деления.

ENDF/B-VII b1.2 - 12 изотопов (включены данные для ^{123}Xe ($T_{1/2}=2.08\text{ ч.}$) из CENDL-3.

EAF-2003=JEFF-3.1(АСТ)- все 15 нуклидов, а также ^{123}Xe , оценки 2003 г. Приводятся только данные о нейтронных сечениях.

54.1. Ксенон-124

Содержание в природной смеси – 0.10%.

В ФОНД-2.2 и JENDL-3.3– одна и та же, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 290 эВ (4 резонанса), неразрешенных – до 100 кэВ).

JEFF-3.1= M.R.Bhat and S.F.Mughanhab (ENDF/B-V), 1984 г. Область разрешенных резонансов до 375 эВ (4 резонанса), область неразрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2 – оценка B.Yo, Q.Shen, S.F.Mughanhab 2000 – 2005. Сечения во всей области заданы поточечно.

Заключение

В РОСФОНД рекомендуется новейшая оценка B.Yo, Q.Shen, S.F.Mughanhab 2000 – 2005 (ENDF/B-VII b1.2). Дополнить оценку файлом MF=9, MT=107 с вероятностью образования Te-121m , используя данные EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.2. Ксенон-126

Содержание в природной смеси – 0.09%.

В ФОНД-2.2 и JENDL-3.3 – одна и та же, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 485 эВ (1 резонанс при 460 эВ + связанное состояние), неразрешенных – до 100 кэВ).

JEFF-3.1 = M.R.Bhat and S.F.Mughanhab (ENDF/B-V), 1978 г. Область разрешенных резонансов до 485 эВ (3 резонанса из диссертации Рибона + связанное состояние; 2 резонанса сомнительны), область неразрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2 – оценка W.F.Mughanhab 2005. Отличается от JENDL-3.3 расширением области разрешенных резонансов до 2334.5 эВ (4 резонанса + связанное состояние, причем первые два резонанса совершенно отличны от JEFF-3.1, а последний резонанс лежит при энергии 2332.5 эВ). Пересчитаны также энергетические спектры вторичных нейтронов реакций с возбуждением непрерывного спектра уровней ядра-продукта.

Заключение

В РОСФОНД рекомендуется новейшая оценка W.F.Mughanhab, 2005 (ENDF/B-VII b1.2). Введен дополнительный файл MF=9 с вероятностями образования $^{123}\text{Te}^g$ и $^{123}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=119.7$ дн.) в реакции (n, α). Вероятности оценены по данным EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.3. Ксенон-127

Радиоактивен: испытывает позитронный распад ($T_{1/2}=16.8$ дн.) в стабильный йод-127.

В ФОНД-2.2 – оценка J.Korecky, D.Nierop, 1992(EAF-3)

JEFF-3.1=EAF-2003 – оценка Forrest, Korecky, Sublet, Koning, 2003 г. Отличие от предыдущей версии состоит в пересмотре сечения захвата путем перерасчета по программе MASGAM с корректировкой на основе полуэмпирической систематики и введения небольшого вклада $1/v$ в сечение реакции (n, α) для лучшего согласия с экспериментальными данными.

В других библиотеках оцененных данных не содержится.

Заключение

В РОСФОНД рекомендуется новейшая оценка Forrest, Korecky, Sublet, Koning, 2003 г. (JEFF-3.1=EAF-2003) со следующими изменениями:

1. В файл MF=3 введены секции MT=17, 22 и 106 (данные получены путем суммирования подсекций соответствующих секций файла MF=10).

2. Введен файл MF=9 с вероятностями образования $^{125}\text{Te}^g$ и $^{125}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=119.7$ дн.) в реакции (n,n' α), а также $^{123}\text{Te}^g$ и $^{123}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=57.4$ дн.) в реакции (n, ^3He). Вероятности оценены по данным EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.4. Ксенон-128

Содержание в природной смеси – 1.91%.

В ФОНД-2.2 – та же оценка, что и в JENDL-3.3, с пересмотренными в 1999 г. В.н. Манохиным сечениями реакций (n,2n), (n,3n) и (n,p).

JENDL-3.3– оценка, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 1700 эВ (10 резонансов, энергия последнего резонанса 2756 эВ), неразрешенных – до 100 кэВ.

JEFF-3.1= M.R.Bhat and S.F.Mughanhab (ENDF/B-V), 1978 г. Область разрешенных резонансов до 4000 эВ (10 резонансов из диссертации Рибона, энергия последнего резонанса 3441.3 эВ), область неразрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2 – оценка W.F.Mughanhab 2005. Отличается от JENDL-3.3 расширением области разрешенных резонансов до 3500 эВ (14 резонансов + связанное состояние, последний резонанс лежит при энергии 3441.3 эВ). Пересчитаны также энергетические спектры вторичных нейтронов реакций с возбуждением непрерывного спектра уровней ядра-продукта.

Заключение

В РОСФОНД рекомендуется новейшая оценка W.F.Mughanhab, 2005 (ENDF/B-VII b1.2) со следующими изменениями:

1. Введен файл MF=9 с вероятностями образования $^{129}\text{Xe}^g$ и $^{129}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=57.4$ дн.) в реакции (n, γ), а также $^{125}\text{Te}^g$ и $^{125}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=119.7$ дн.) в реакции (n, α). Вероятности оценены по данным EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.5. Ксенон-129^g

Содержание в природной смеси – 26.4%.

В ФОНД-2.2 – та же оценка, что и в JENDL-3.3, с пересмотренными в 1999 г. В.н. Манохиным сечениями реакций (n,2n) и (n,3n).

JENDL-3.3– оценка, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 2700 эВ (70 резонансов, энергия последнего резонанса 4082 эВ), неразрешенных – до 100 кэВ.

JEFF-3.1= M.R.Bhat and S.F.Mughanhab (ENDF/B-V), 1978 г. Область разрешенных резонансов до 4200 эВ (те же 70 резонансов, что и в JENDL-3.3), область неразрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2 – оценка S.F.Mughanhab 2005. Отличается от JENDL-3.3 расширением области разрешенных резонансов до 4100 эВ при том же числе тех же резонансов со слегка пересмотренными параметрами. Пересчитаны энергетические спектры вторичных нейтронов реакций с возбуждением непрерывного спектра уровней ядра-продукта.

Заклучение

В РОСФОНД решено сохранить оценку из ФОНД-2.2 со следующими изменениями:

1. В области разрешенных и неразрешенных резонансов приняты параметры, оцененных Мухабхабом (сечение захвата тепловых нейтронов снизилось с 21.0 барн до 20.1 барн; резонансный интеграл снизился с 256 барн до 255 барн).

2. Введен файл MF=9 с вероятностями образования $^{125}\text{Te}^g$ и $^{125}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=119.7$ дн.) в реакции (n, p' α), а также $^{127}\text{Te}^g$ и $^{127}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=109$ дн.) в реакции (n, ^3He).

3. Введен файл MF=10 с MT=4 с сечением образования изомера $^{129}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=8.89$ дн.)

Вероятности и сечение образования изомера оценены по данным EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.6. Ксенон-129^m

Долгоживущий изомер. Испытывает изомерный переход в основное состояние ($T_{1/2}=8.89$ дн.)

В ФОНД-2.2 – оценка J.Корецку, D.Nierop, 1992(EAF-3)

JEFF-3.1=EAF-2003 – оценка Forrest, Корецку, Sublet, Koning, 2003 г. Отличие от предыдущей версии состоит в пересмотре сечения (принята оценка JEF-2 вместо LEF-1)

В других библиотеках оцененных данных не содержится.

Заклучение

В РОСФОНД рекомендуется новейшая оценка Forrest, Корецку, Sublet, Koning, 2003 г. (JEFF-3.1=EAF-2003) со следующими изменениями:

2. Введен файл MF=9 с вероятностями образования $^{125}\text{Te}^g$ и $^{125}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=119.7$ дн.) в реакции (n, p' α), а также $^{127}\text{Te}^g$ и $^{127}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=109$ дн.) в реакции (n, ^3He).

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.7. Ксенон-130

Содержание в природной смеси – 4.1%.

В ФОНД-2.2 – та же оценка, что и в JENDL-3.3, с пересмотренными в 1999 г. В.Н. Манохиным сечениями реакций (n,2n), (n,3n) и (n,p).

JENDL-3.3– оценка, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 3600 эВ (17 резонансов, энергия последнего резонанса 3564 эВ), неразрешенных – до 100 кэВ.

JEFF-3.1= M.R.Bhat and S.F.Mughanhab (ENDF/B-V), 1978. Область разрешенных резонансов до 4000 эВ (12 резонансов, энергия последнего резонанса 3563.9 эВ), область неразрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2 – оценка M.R.Bhat and S.F.Mughanhab 2005. Область разрешенных резонансов до 4000 эВ (19 s-резонансов и 2 p-резонанса, энергия последнего резонанса 3563.9 эВ), область неразрешенных резонансов отсутствует. Отличия от JENDL-3.3:

Во внерезонансной области сечения всех реакций пересчитаны заново.

Сечения основных реакций на интегральных спектрах приведены в нижеследующей таблице **жирным шрифтом** сравнении с данными, полученными на основе библиотеки ФОНД-2.2 (обычным синим шрифтом)

	Total	Elastic	Inelastic	(n,2n)	(n,3n)	(n, γ)	(n,p)	(n, α)
0.0253 эВ	11.04	6.26	0.000			4.777		
	40.54	14.54	0.000			26.001		
Резонансный интеграл	110.45	105.75	0.000			4.693		
	157.53	140.24	0.000			17.299		
Спектр деления ^{235}U	5.97	4.62	1.305	0.003	0.000	0.040	0.0000	0.0000
	5.88	4.78	0.998	0.002	0.000	0.101	0.0000	0.0000
14 МэВ	4.92	2.95	0.053	1.910	0.000	0.000	0.0059	0.0003
	4.98	3.25	0.175	1.544	0.000	0.001	0.0073	0.0001

Изменение явилось следствием резкого сокращения радиационных ширин резонансов (с 0.1 – 0.2 эВ до 0.06 эВ). Изменены также параметры связанного состояния. Заметим, что в EXFOR в 2004 содержатся два разных результата измерения сечения захвата тепловых нейтронов: J. Masnamaga в 1950 г. получил 5 барн; T. Eastwood в 1963 г. – 26 барн. Основания для кардинального пересмотра сечений в тепловой и резонансной областях будут изложены во вскоре выходящей работе Мухабхаба¹.

Заключение

В РОСФОНД решено принять новую оценку M.R.Bhat and S.F.Mughanhab 2005 (ENDF/B-VII b1.2) с дополнением ее файлом MF=9 с вероятностями образования $^{127}\text{Te}^g$ и $^{127}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=109$ дн.) в реакции (n, α), $^{129}\text{Xe}^g$ и $^{129}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=8.89$ дн.) в реакции (n,2n) и $^{131}\text{Xe}^g$ и $^{131}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=11.9$ дн.) в реакции (n, γ). Вероятности оценены по данным EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

¹ S.F.Mughabghab: Atlas of Neutron Resonances, to be published by Elsevier, 2006 (5-th edition of BNL-325)

54.8. Ксенон-131^g

1. Общие характеристики

1.1. $Z=54$ (заряд)

1.2. $A=131$ (атомный номер)

1.3. $A_w=129.781$ (отношение массы ядра к массе нейтрона)

1.4. Содержание в естественной смеси $21.232\pm 0.062\%$

1.5. Спин основного состояния $3/2^+$

1.6. Имеется метастабильное состояние: $11/2^-$, $E_{lev}=0.163930\pm 0.000008$ МэВ;
 $T_{1/2}=11.934\pm 0.021$ дней

2. Файлы библиотек

ENDF/B-VI: оценка 1978 года, взятая из ENDF/B-V, последняя ревизия выполнена в 1999 году;

BROND-2: оценка 1985 года (24 резонанса, энергия последнего резонанса 1302.8 эВ), неразрешенных – до 80 кэВ.

ФОНД-2.2 – та же оценка, что и в JENDL-3.3, с пересмотренными в 1999 г. В.Н. Манохиным сечениями реакций $(n,2n)$ и $(n,3n)$.

JENDL-3: оценка 1984 года, последняя ревизия выполнена в 1990 году (40 резонансов+связанное состояние, энергия последнего резонанса 3945 эВ), неразрешенных – до 100 кэВ.

JEF-2 (JEFF-3.1): оценка 1982, основанная на оценке ENDF/B-V, последняя ревизия – в 1989 году (36 резонансов, энергия последнего резонанса 2149 эВ), область неразрешенных резонансов отсутствует;

CENDL-3: оценка 2000 года, резонансная область взята из JENDL-3 с корректировкой положения отрицательного резонанса, последняя ревизия – в 2002 году;

ENDF/B-VII: новая оценка 2005 года как для резонансной (С.Ф. Мугхабгхаб), так и для надрезонансной области энергий (программа EMPIRE, сотрудничество KAERI-BNL) (45 s-резонансов+ связанное состояние и 2 p-резонанса, энергия последнего резонанса 3564 эВ), область неразрешенных резонансов до 80.8 кэВ (т.е. до порога неупругого рассеяния);

3. Данные в тепловой и резонансной области

Все оценки, кроме ENDF/B-VII и CENDL-3, опираются на старые оценки резонансных параметров С.Ф. Мугхабгхабом. Новая оценка параметров и сечений в области разрешенных резонансов выполнена С.Ф. Мугхабгхаба [1]. Для оценки сечений в тепловой точке для анализа привлекались данные для естественной смеси и для отдельных изотопов. Отличия от JENDL-3.3 состоят, главным образом в пересмотре параметров связанного состояния, что привело к резкому снижению сечения упругого рассеяния.

В области неразрешенных резонансов использовались средние резонансные параметры, оцененные путем усреднения параметров разрешенных резонансов с учетом пропуска уровней. Средняя нейтронная силовая функция и радиационная-ширина для d-волны бралась такой же как и для s-волны. Согласно оценка, сечение захвата, усреднённое по спектру Максвелла с температурой 30 кэВ, составляет 306 миллибарн, что несколько ниже сечения, рекомендованного в компиляции Бира (453 ± 81 мбарн), которое, правда, не было основано на прямых экспериментальных результатах. Интересно, что более старые оценки BROND-2 и JENDL-3 (CENDL-3) несколько лучше согласуются с данными Бира из-за более высоких радиационных силовых функций и более высоких плотностей уровней, используемых в этих оценках. При формировании файла ENDF/B-VII верхняя граница

области разрешённых резонансов была взята при энергии 3.9452 кэВ. Как видно из рисунков 1 – 3, при таком выборе существует заметный пропуск s-резонансов с малой нейтронной шириной и основная часть всех пропущенных резонансов расположена при энергии выше 2.5 кэВ. Верхняя граница области разрешённых резонансов выбрана в JENDL-3 (CENDL-3) при энергии 2.25 кэВ.

Таблица 1. Тепловые сечения для ^{131}Xe .

Библиотека Эксп. данные	Полное сечение, барн	Сечение захвата, барн	Сечение упругого рассеяния, барн
BROND-2	110.34	84.98	25.36
JEF-2	109.44	85.0	24.44
JENDL-3	109.17	85.05	24.12
CENDL-3	101.26	100.01	1.249
ENDF/B-VI	91.22	90.03	1.187
ENDF/B-VII	91.18	90.00	1.183
Lucas (1977)		100±6	
BNL-325 (1973)		90±10	
BNL-325 (1981)		85±10	
S.F.Mughabghab, INDC(NDS)-424, p. 69 (2001)		85±10	

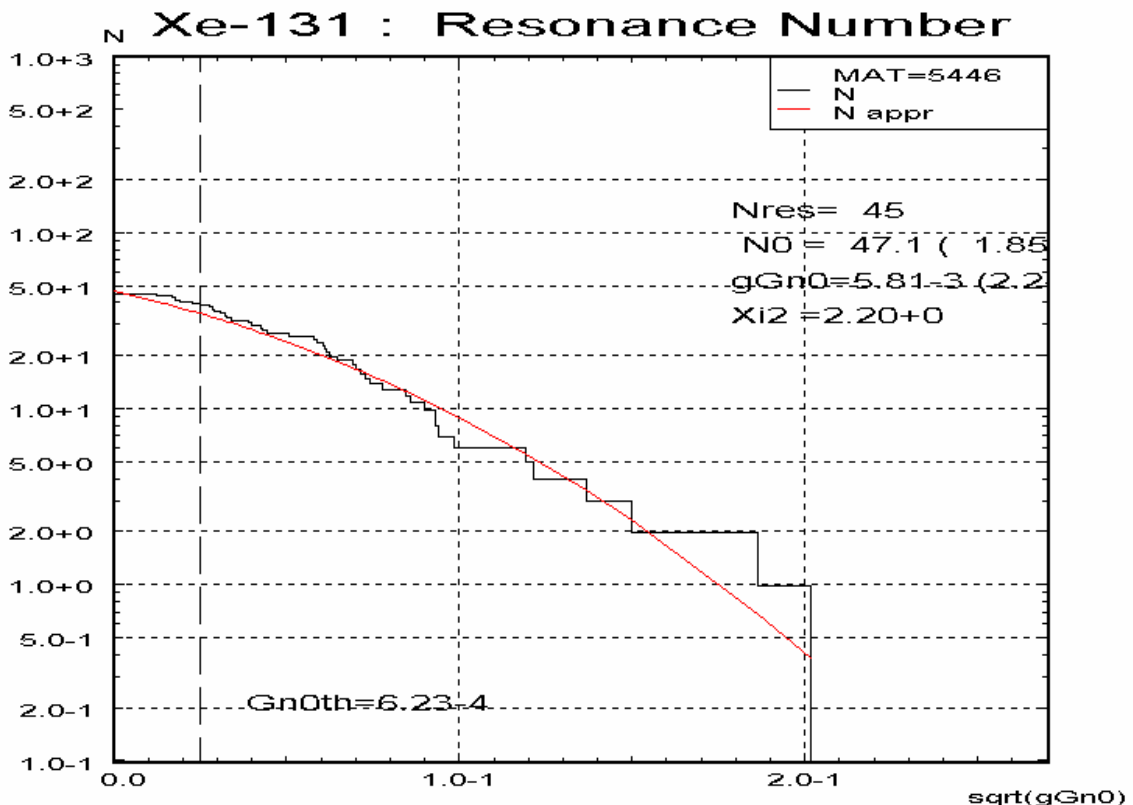


Рис. 1. Распределение числа нейтронных резонансов с данными ширинами для s-нейтронов из ENDF/B-VII (гистограмма) в сравнении с теоретически ожидаемым, полученным программой РЕБУС (гладкая кривая).

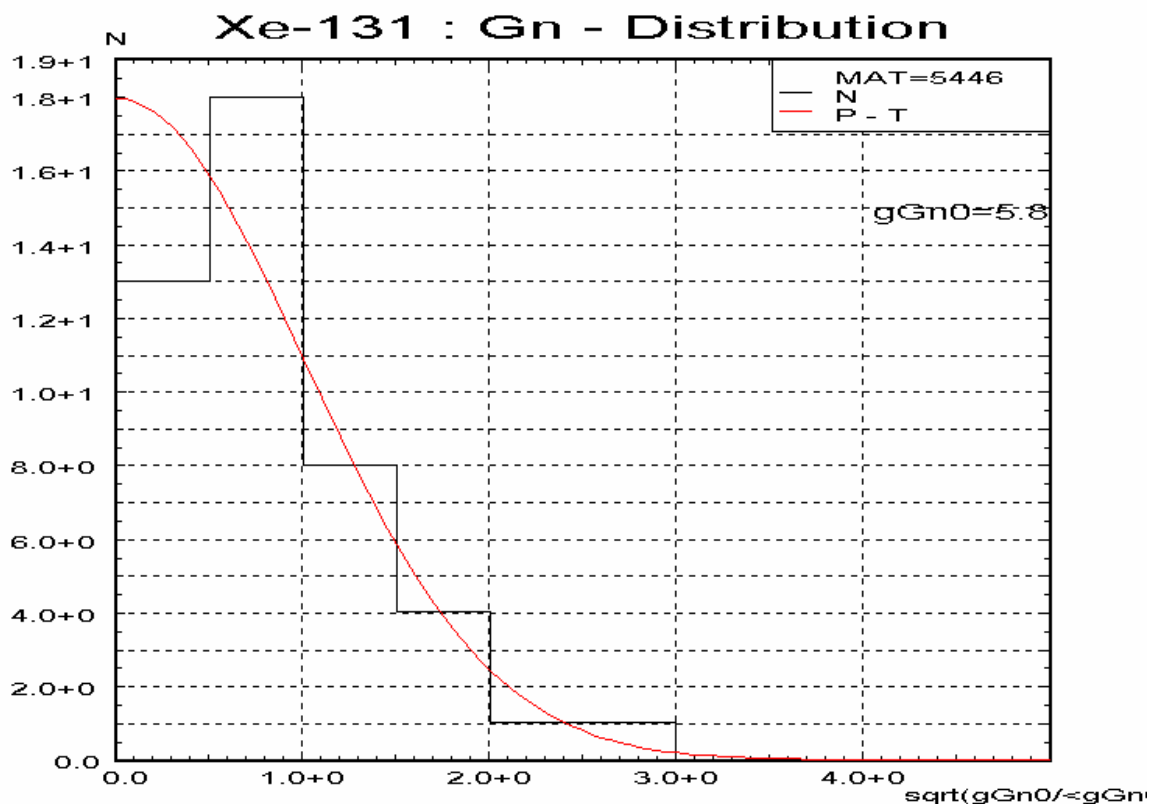


Рис. 2. Распределение числа резонансов имеющих нейтронную ширину больше или меньше средней ширины s-резонансов в ENDF/B-VII (гистограмма) в сравнении с теоретически ожидаемым, полученным программой РЕБУС (гладкая кривая).

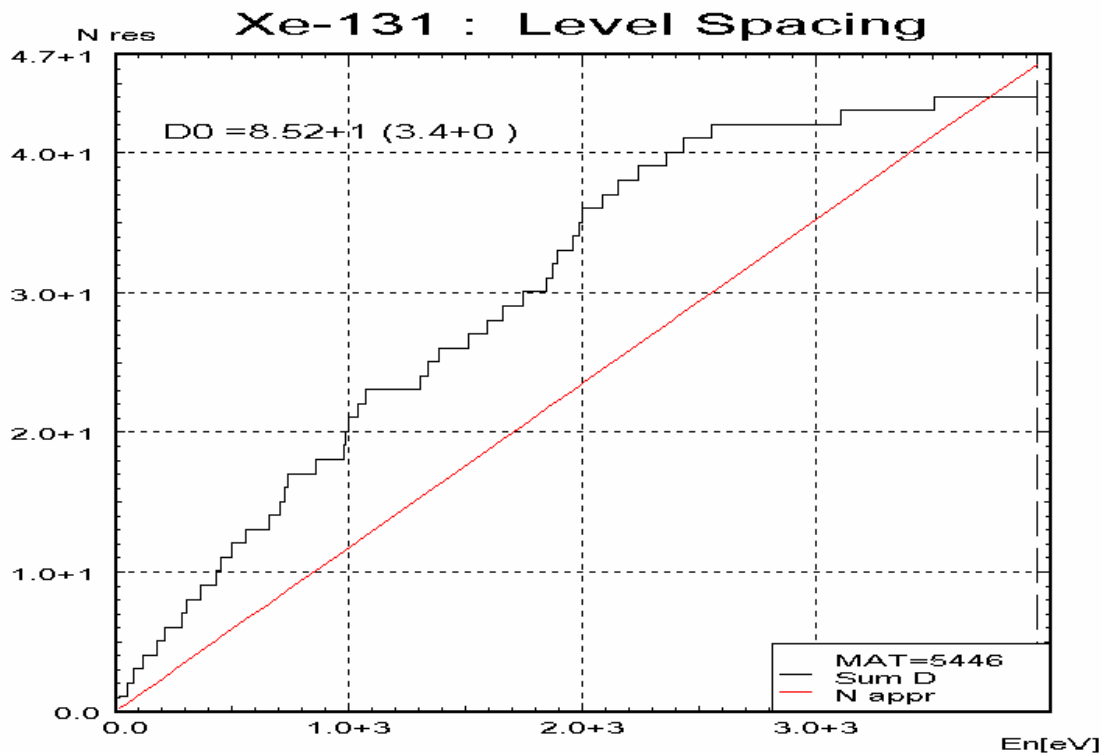


Рис. 3. Нарастающая сумма числа s-резонансов в ENDF/B-VII (гистограмма) в сравнении с полученным программой РЕБУС (гладкая кривая). Очевиден пропуск уровней при энергиях выше 2.5 кэВ.

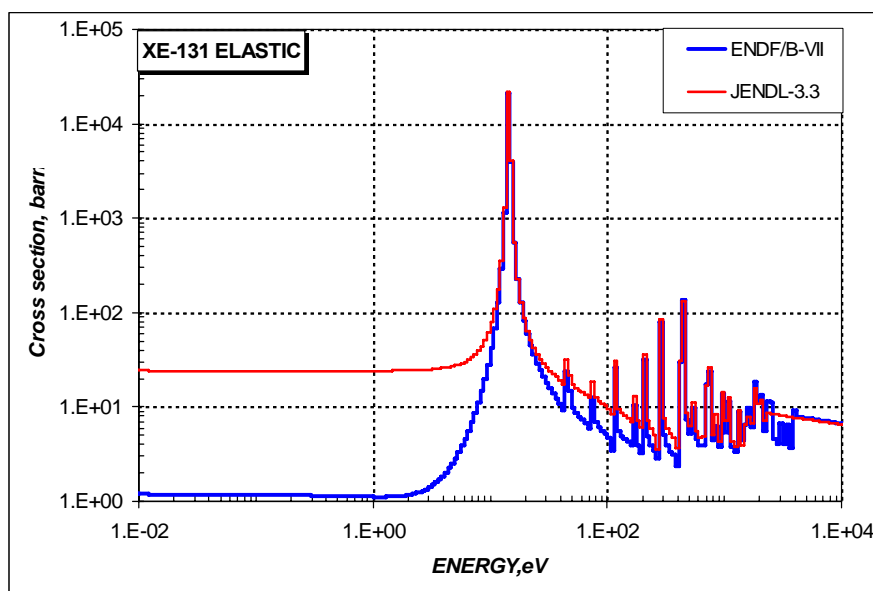


Рис.4. Сечение упругого рассеяния при низких энергиях.

На рис. 4 видно, как пересмотр параметров связанного состояния повлиял на сечение упругого рассеяния, которое снизилось в 20 раз. Коль скоро измерений полного сечения и, тем более, сечения упругого рассеяния на этом изотопе не выполнялось, никакой надежности в оценке полного сечения быть не может. На эту область приходится интерференционный минимум от резонанса при 14.4 эВ, который в оценке JENDL-3.3 заполнен крылом «отрицательного» резонанса. В новой оценке Мухабхаба ширина этого резонанса в 20 раз меньше и хотя сам резонанс расположен несколько ближе, минимум в сечении рассеяния сохраняется. В отсутствии прямых экспериментальных данных нельзя отдать предпочтение какой-либо из оценок. Практического значения сечение рассеяния тепловых нейтронов на ксеноне-131 не имеет.

Гораздо существеннее выбор верхней границы области разрешенных резонансов. На рис. 5 приведено сравнение оцененных сечений захвата в этой области (в мультигрупповой форме)

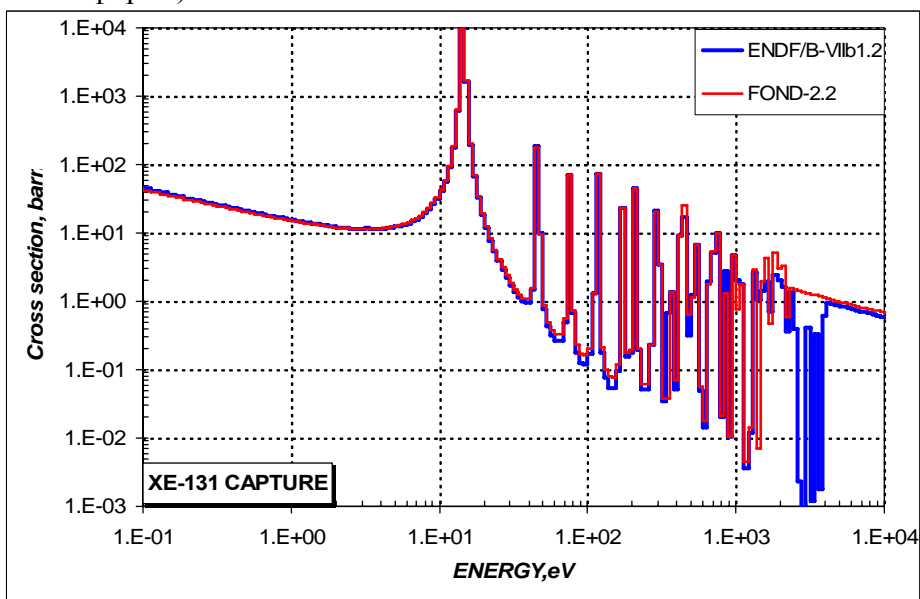


Рис. 5. Сечение захвата в области разрешенных резонансов по разным оценкам.

Очевиден провал в сечении захвата в интервале 2.5 – 4 кэВ, проявившийся в оценке ENDF-B-VII. Это является естественным следствием большого пропуска уровней в этой области, отчетливо видного из рис. 3. Влияние различий в параметрах связанного

состояния на сечении захвата никак не сказывается. Из рис. 3 и 5 следует, что распространение области разрешенных резонансов до 4 кэВ не оправдано и это делает предпочтительней оценку, принятую в JENDL-3.3.

4. Данные вне резонансной области

Оценка сечений в быстрой области энергий была выполнена во всех библиотеках с использованием модельных расчётов, при этом наиболее полно вклады различных механизмов реакций учтены в последних оценках JENDL-3 и CENDL-3. Сравнение оценок для основных сечений из разных библиотек показано на рисунках 6 – 9. Как видно, наибольшие отличия в оценках наблюдаются для сечения неупругого рассеяния. Это обусловлено использованием в расчётах разных оптических потенциалов. Вероятнее всего, сечение в библиотеке CENDL-3 является существенно завышенным, а в JENDL-3 - несколько заниженным. Энерго-угловые распределения вторичных частиц для разных реакций наиболее детально представлены в библиотеке CENDL-3.

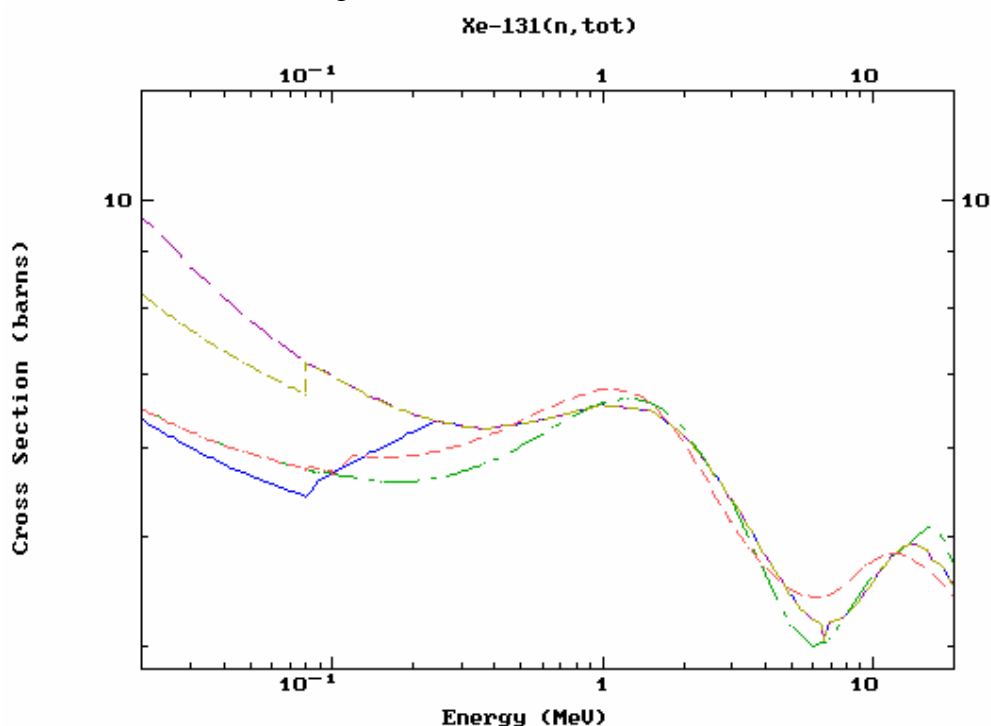


Рис. 6. Оценённое полное сечение из разных библиотек. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI, пунктирная (фиолетовая) - JEF-2, пунктирная (жёлтая) – BROND-2, штрих-пунктирная (зелёная) - JENDL-3, пунктирная (красная) – CENDL-3.

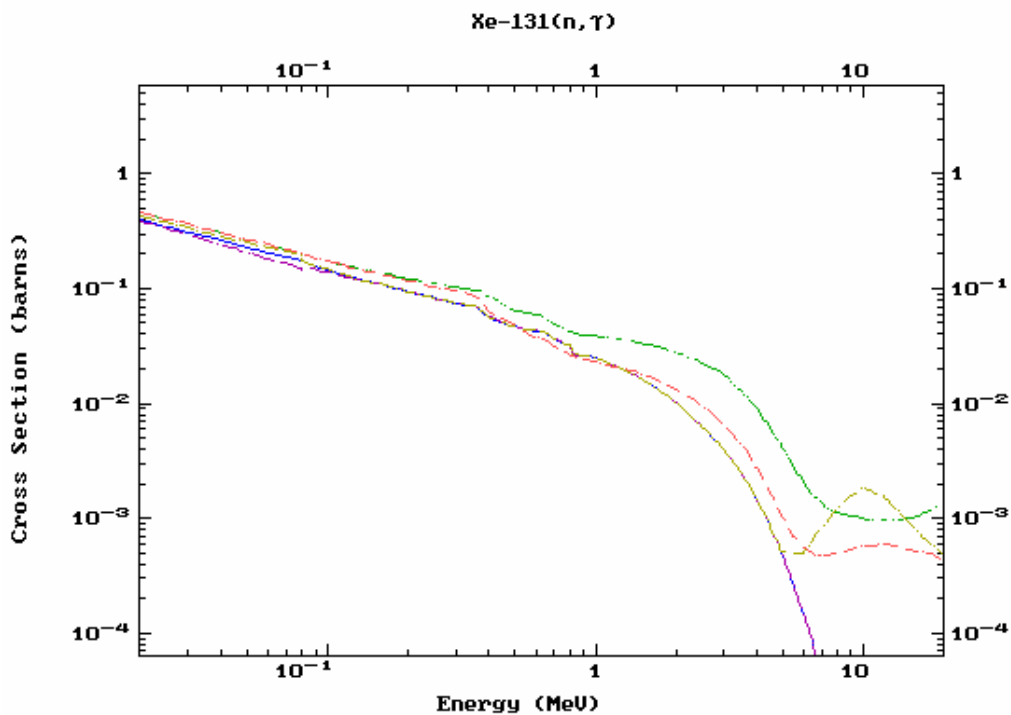


Рис. 7. Оценённые сечения захвата из разных библиотек. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI и JEF-2, штрих-пунктирная (зелёная) - JENDL-3, короткие пунктиры (красная) - CENDL-3, длинные пунктиры (жёлтая) - BROND-2.

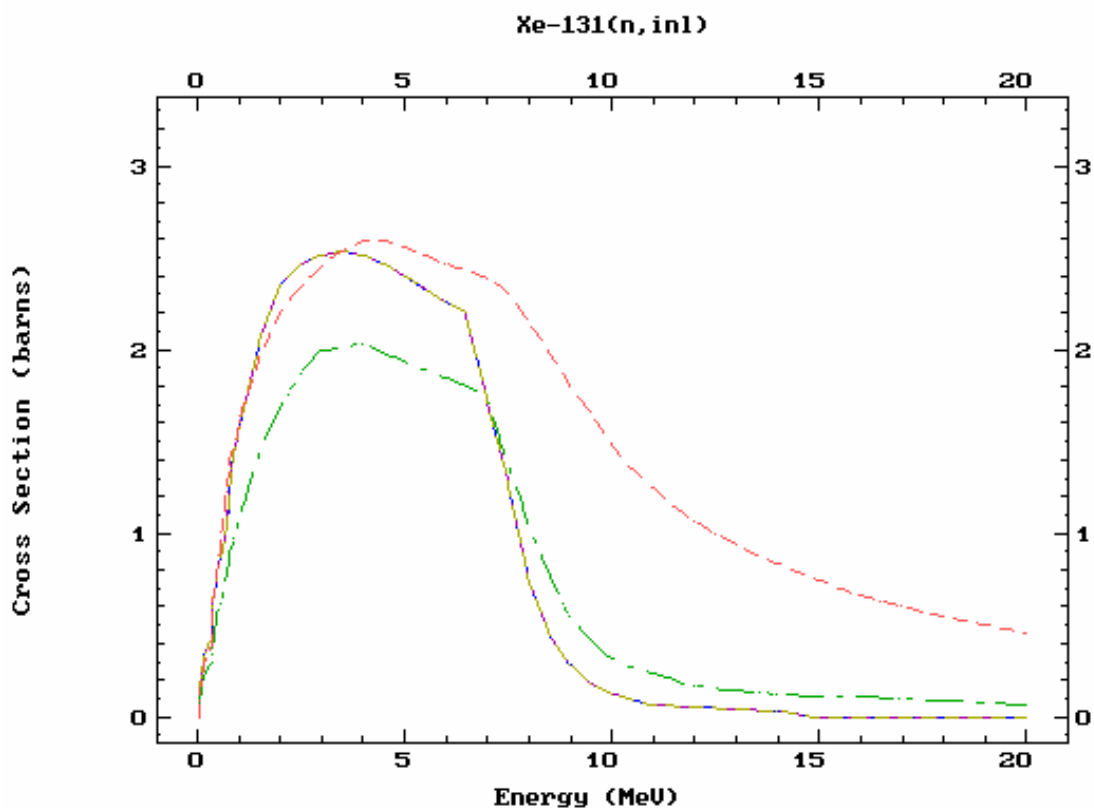


Рис. 8. Оценённое сечение неупругого рассеяния из разных библиотек. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI и JEF-2, штрих-пунктирная (зелёная) - JENDL-3, пунктирная (красная) - CENDL-3.

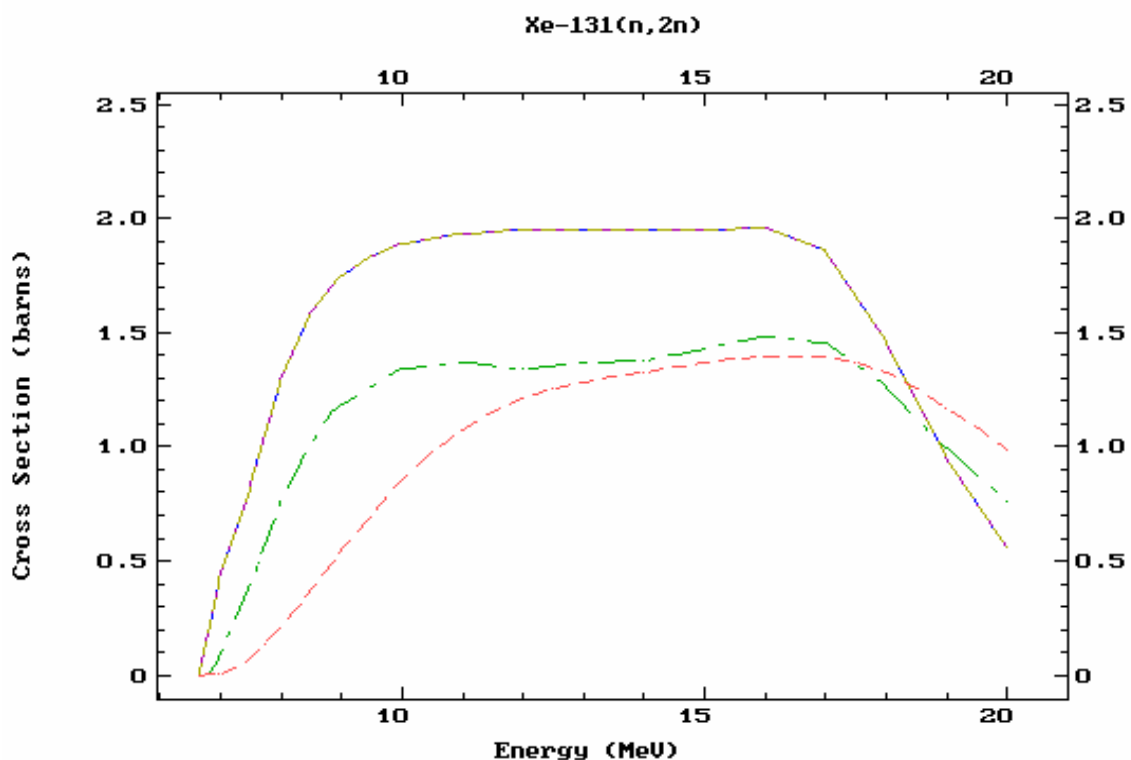


Рис. 9. Оценённое сечение реакции (n,2n) из разных библиотек. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI и JEF-2, штрих-пунктирная (зелёная) - JENDL-3, пунктирная (красная) - CENDL-3.

5. Рекомендация

Для включения в библиотеку РОСФОНД рекомендуется файл библиотеки JENDL-3, т.е., по существу, предлагается, сохранить файл, содержащийся в библиотеке ФОНД-2.2. Следует, однако, ввести дополнительный файл MF=9, содержащий вероятности образования $^{129}\text{Xe}^g$ и $^{129}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=8.89$ дн.) в реакции (n,3n) и $^{127}\text{Te}^g$ и $^{127}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=109$ дн.), а также файл MF=10 с сечением образования $^{131}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=11.9$ дн.). Данные взять на основе EAF-2003.

Литература

1. Soo-Youl Oh, Jonghwa Chang, S.F. Mughabghab, BNL-NCS-67469 (2000)

Автор проведенного отбора оцененных данных

В.Г.Проняев.

54.9. Ксенон-131^m

Долгоживущий изомер. Испытывает изомерный переход в основное состояние ($T_{1/2}=8.89$ дн.)

В ФОНД-2.2 – оценка J.Kopecky, D.Nierop, 1992(EAF-3)

JEFF-3.1=EAF-2003 – оценка Forrest, Kopecky, Sublet, Koning, 2003 г. Отличие от предыдущей версии состоит в пересмотре сечения (принята оценка JEF-2 вместо LEF-1). Реального изменения сечений не произошло.

В других библиотеках оцененных данных не содержится.

Заключение

В РОСФОНД рекомендуется включить оценку Forrest, Kopecky, Sublet, Koning, 2003 г. (JEFF-3.1=EAF-2003). Внесены следующие изменения:

1. Подсекции MT=17,22,28,104 и 106 в файле MF=10 сложены и суммы внесены в файл MF=3 с соответствующими MT.

2. Файл MF=10 удален.

3. Введен файл MF=9 с секциями MT=17, 22 и 106, содержащими вероятности образования $^{131}\text{Xe}^g$ и $^{131}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=8.89$ дн.), $^{127}\text{Te}^g$ и $^{127}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=109$ дн.) и $^{129}\text{Te}^g$ и $^{129}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=33.6$ дн.)

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.10. Ксенон-132

6. Общие характеристики

1.1. $Z=54$ (заряд)

1.2. $A=132$ (атомный номер)

1.3. $A_w=130.771$ (отношение массы ядра к массе нейтрона)

1.4. Содержание в естественной смеси $26.909\pm 0.068\%$

1.5. Спин основного состояния 0^+

7. Файлы библиотек

ENDF/B-VI: оценка 1978 года, взятая из ENDF/B-V без какой-либо ревизии данных;

JEF-2: оценка 1982 г., основанная на оценке ENDF/B-V, последняя ревизия – в 1990 году;

ФОНД-2.2: содержит ту же оценку, что и JENDL-3 с измененными по рекомендации В.Н.Манохина сечениями реакций $(n,2n)$ и $(n,3n)$.

JENDL-3: оценка 1990 года, последняя ревизия выполнена в 1993 году;

CENDL-3: оценка 2000 года, последняя ревизия – в 2001 году.

8. Данные в тепловой и резонансной области

ENDF/B-VI: разрешенные резонансные параметры из BNL-325 (1973) приведены до 4 кэВ, радиус рассеяния – 5.85 ферми, область неразрешенных резонансов отсутствует;

JEF-2: область разрешенных резонансов – до 4.255 кэВ, взяты из BNL-325 (1981), радиус рассеяния равен 5.4 ферми, область разрешенных резонансов отсутствует;

оценка 1982, основанная на оценке ENDF/B-V, последняя ревизия – в 1990 году; JENDL-3, CENDL-3: область разрешённых резонансов – до 4.4 кэВ, радиус рассеяния - 5.31 ферми, для энергий нейтронов от 4.4 кэВ до 100 кэВ задана область неразрешённых резонансов. Сравнение тепловых сечений приведено в Таблице 1.

Таблица 1. Сравнение тепловых сечений из разных библиотек (барн)

Оценка	Полное	Захват	Упругое
ENDF/B-VI	4.74	0.44	4.3
JEF-2	3.643	0.448618	3.637
JENDL-3	3.60	0.45	3.15
CENDL-3	3.60	0.45	3.15
BNL-325 (1973)		0.415±0.060	
S.F.Mughabghab, INDC(NDS)-424, p.72 (2001)		0.415±0.045	

Полное сечение и сечение упругого рассеяния в библиотеках JENDL-3 и CENDL-3 в области неразрешённых резонансов (4.4 – 100 кэВ) заметно (на 20 – 30 %) ниже чем в других библиотеках и лучше согласуется с экспериментальными данными по полному сечению на естественном ксеноне. Сечение захвата в области неразрешённых резонансов в библиотеках JENDL-3 и CENDL-3 лучше согласуется с измерениями Бира (X4=21937, 1984) при энергии 25 кэВ выполненными в 1984 году (рисунок 1).

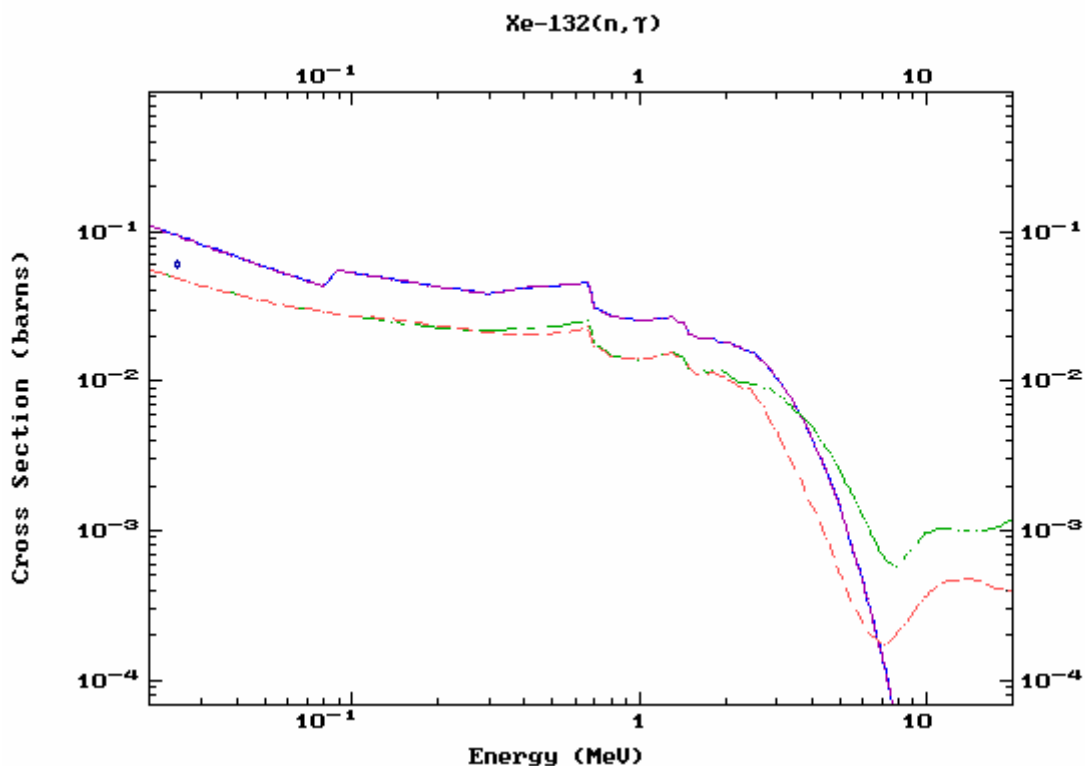


Рис. 1. Оценённые сечения захвата из разных библиотек в сравнении с экспериментальным значением Бира при 25 кэВ. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI и JEF-2, штрих-пунктирная зелёная - JENDL-3, пунктирная красная – CENDL-3.

9. Оценка вне резонансной области энергий

ENDF/B-VI, JEF-2: сферическая оптическая и статистическая модели. Вклад прямого и предравновесного механизмов не учитывался.

JENDL-3: Сферическая и статистическая модели с учётом вклада прямых, полупрямых (для сечения захвата) и предравновесных процессов. Файл содержит оценку энергетических и угловых распределений вторичных частиц (MF=4, MF=5) для всех парциальных реакций.

ФОНД-2.2 сечения реакций (n,2n) и (n,3n) уточнены на основе полуэмпирической систематики.

CENDL-3: сферическая оптическая модель и объединённая статистическая модель и модель предравновесного распада с учётом вклада прямых процессов в неупругое рассеяние нейтронов.

Сумма сечений всех неупругих процессов при энергии около 5 МэВ в JENDL-3 (2.265 барн) ниже, чем в других библиотеках (2.4 барн), что обусловлено выбором параметров оптической модели, дающей близкие полные сечение, но заметно отличающиеся сечения упругого и неупругого рассеяния. Совокупность имеющихся экспериментальных данных по суммарным сечениям всех неупругих процессов для всех ядер, имеющих зависимость при данной энергии близкую к $A^{1/3}$ (где A – атомный номер ядра) показывает, что оценка библиотеки JENDL-3 является корректнее всех других. Сравнение сечений неупругого рассеяния из разных библиотек показано на рисунке 2.

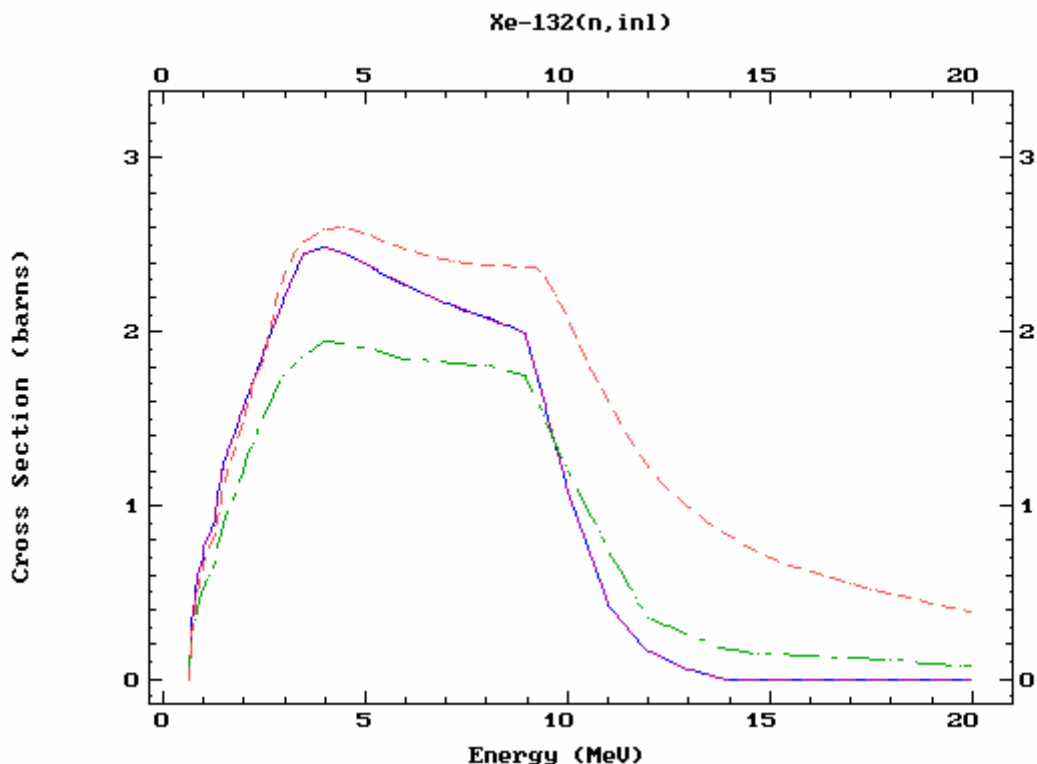


Рис. 2. Оценённые сечения неупругого рассеяния из разных библиотек. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI и JEF-2, штрих-пунктирная зелёная - JENDL-3, пунктирная красная – CENDL-3.

10. Рекомендация

В библиотеку РОСФОНД рекомендуется включить файл из библиотеки JENDL-3.3, добавив к нему файл MF=9 с вероятностями образования $^{133}\text{Xe}^g$ и $^{133}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=2.19$ дн.) в реакции (n,γ) , $^{131}\text{Xe}^g$ и $^{131}\text{Xe}^m$ ($T_{1/2}=11.9$ дн.) в реакции $(n,2n)$ и $^{129}\text{Te}^g$ и $^{129}\text{Te}^m$ ($T_{1/2}=33.6$ дн.) в реакции (n,α) . Данные взять на основе EAF-2003.

Автор проведенного отбора оцененных данных В.Г.Проняев.

54.11. Ксенон-133^g

Радиоактивен. Испытывает бета-распад в стабильный цезий-133 ($T_{1/2}=5.25$ дн.)

В ФОНД-2.2 и в JEFF-3.1 – оценка Shenter & Schmittroth, 1974 из ENDF/B-VI, куда она перешла из ENDF/B-IV.

JENDL-3.3 и в ENDF/B-VII b1.2 – оценка, выполненная рабочей группой в 1990г.

Ниже дано сравнение тепловых сечений и резонансных интегралов.

Библиотека	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	$\sigma_r(0.0253 \text{ эВ})$	Rlc
FOND-3.3	190.0	194.8	356
ENDF/B-VII b1.2	190.0	193.6	90.1

Заключение

В РОСФОНД решено принять новую оценку из ENDF/B-VII b1.2. Добавлен файл MF=9 с секциями MT=22 и MT=17 с вероятностями образования $^{129}\text{Te}^m$ и $^{131}\text{Xe}^m$, а также файл MF=10, содержащий сечение образования изомера Xe-133m ($T_{1/2}=2.19$ дн.).

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.12. Ксенон-133^m

Догоживущий изомер ($T_{1/2}=2.19$ дн.). Испытывает изомерный переход в основное состояние.

В ФОНД-2.2 – оценка J.Kopecky, D.Nierop, 1992(EAF-3)

JEFF-3.1=EAF-2003 – оценка Forrest, Kopecky, Sublet, Koning, 2003 г. Отличие от предыдущей версии состоит в пересмотре сечения (принята оценка JEF-2 вместо LEF-1). Реального изменения сечений не произошло.

В других библиотеках оцененных данных не содержится.

Заключение

В РОСФОНД рекомендуется включить оценку Forrest, Kopecky, Sublet, Koning, 2003 г. (JEFF-3.1=EAF-2003).

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.13. Ксенон-134

Содержание в природной смеси – 10.4%.

В ФОНД-2.2 – та же оценка, что и в JENDL-3.3, с пересмотренными в 1999 г. В.Н. Манохиным сечениями реакций (n,2n) и (n,3n).

JENDL-3.3– оценка, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 10323 эВ (5 резонансов + связанное состояние, энергия последнего резонанса 9365 эВ), неразрешенных – до 100 кэВ.

JEFF-3.1= оценка H.Gruppelaar & E. Menarace (ENDF/B-V), 1982. Область разрешенных резонансов до 2000 эВ (1 резонанс при 1000.6 эВ + связанное состояние), область неразрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2= CENDL-3 – оценка 1997 принятая в последние версии названных библиотек с пересмотром области разрешенных резонансов Мухабхабом¹. Область разрешенных резонансов до 10 кэВ (связанное состояние+2 s-резонанса и 3 p-резонансов; энергия последнего s-резонанса 1000.6 эВ, последнего p-резонанса – 7260 эВ), область неразрешенных резонансов отсутствует.

Сечения основных реакций на интегральных спектрах приведены в нижеследующей таблице сравнении с данными, полученными на основе библиотеки ФОНД-2.2 (жирным синим шрифтом)

	Total	Inelastic	(n,2n)	(n,γ)	(n,p)
0.0253 эВ	3.985			0.265	
	3.985			0.265	
Резонансный интеграл				0.617	
				0.613	
Спектр деления ²³⁵ U	5.91	1.07	0.002	0.009	0.000
	5.80	0.84	0.003	0.009	0.000
14 МэВ	4.83	0.78	1.360	0.001	0.005
	4.98	0.14	1.688	0.001	0.002

Как видно, если не считать сомнительного резкого повышения сечения неупругого рассеяния при высоких энергиях, существенного изменения сечений при переходе от прежней оценки к новой не произошло.

Заключение

В РОСФОНД целесообразно сохранить оценку прежнюю оценку, заменив в ней область разрешенных резонансов на оценку из ENDF/B-VII b1.2. Добавить файл MF=9 с секциями MT=16 и MT=107 с вероятностями образования Xe-133m и Te-131m, используя данные EAF-2003.

Автор отбора данных

Николаев М.Н.

54.14. Ксенон-135

1. Общие характеристики

- 1.1. Z =54 (заряд)
- 1.2. A=135 (атомный номер)
- 1.3. A_w=133.748 (отношение массы ядра к массе нейтрона)
- 1.4. Период полураспада (β⁻) 9.14±0.02 часа
- 1.5. Спин основного состояния 3/2⁺

1.6. Метастабильное состояние: спин $11/2^-$, $T_{1/2}=15.29\pm 0.05$ минут, $P(IT)=99.994\%$, $P(\beta^-)=0.004\%$.

2.Файлы данных

Из-за большого сечения захвата нейтронов в тепловой и эпитепловой области энергий (около 3000000 барн при 0.069 эВ) и специфических путей накопления, ^{135}Xe играет важную роль в кинетике тепловых реакторов. Он обуславливает существенное изменение во временных интервалах порядка периода полураспада ^{135}I , предшественника ^{135}Xe (равного 6.57 ч. т.е. сравнимого с периодом полу распада ^{135}Xe) – т.н. эффект йодной ямы; в некоторых случаях накопление, выгорание и распад ^{135}Xe сказывается и на динамике разгона реактора (существенны временные интервалы порядка минут – см. раздел 6 ниже).

Все оценки сечений базируются на небольшом числе экспериментальных данных полученных в 50-х годах.

Оценка для библиотеки ENDF/B-VI (ENDF/B-VII), в дальнейшем В-6, была выполнена в резонансной области ниже 1 кэВ Леонардом, Стюартом и Шентером в 1967 году и дополнена для энергии выше 1 кэВ Шентером и Шмиттрофом в 1976 году результатами оптико-статистических расчётов. Все сечения заданы в поточечном представлении.

Оценка JEFF-3.1 взята из ENDF/B-VI.

В библиотеке ФОНД-2.2 содержится оценка из JENDL-3.2.

Оценка JENDL-3.2, в дальнейшем J-3, является оценкой JNDC FPND рабочей группы выполненной в 1990 году. В области разрешённых резонансов (10^{-5} – 190 эВ) задан один положительный s-резонанс в одноуровневом Брейт-Вигнеровском представлении. Радиационная ширина резонанса была подогнана так, чтобы воспроизвести тепловое сечение захвата в 2650000 барн рекомендованное Мугхабгхабом. Область неразрешённых резонансов для s-, p- и d- волн задана для энергий от 190 эВ до 100 кэВ. Нейтронная силовая функция бралась из расчётов по сферической оптической модели, среднее расстояние между уровнями – из описания результатов статистических модельных расчётов сечения захвата, радиационные силовые функции – из систематики для соседних ядер. Радиус эффективного рассеяния был выбран из описания полного сечения при 100 кэВ. Для энергии выше 100 кэВ оценка основана на результатах расчёта по оптической и статистической моделям и модели предравновесного распада. В радиационном захвате нейтронов учитывались вклады прямого и полупрямого механизмов. Сечения для 16 уровней неупругого рассеяния, расположенных до энергии 2.093 МэВ, были оценены по оптико-статистической модели. Вклад прямого механизма неупругого рассеяния не оценивался.

Оценка CENDL-3, в дальнейшем С-3, в области разрешённых и неразрешённых резонансов была взята из оценки JENDL-3.2. Полное сечение в области быстрых нейтронов было взято из имеющихся экспериментальных данных для природного ксенона. Для оценки парциальных сечений в области быстрых нейтронов использовались результаты расчётов по оптической и статистической моделям с учётом вклада прямых и предравновесных процессов. Для представления угловых и энергетических представлений вторичных частиц использовались файлы MF=4 и MF=5.

3.Тепловая и резонансная область энергий

В Таблице 1 приведены тепловые сечения (при 0.0253 эВ), резонансные интегралы RI , а также положение и ширина первого резонанса пр и положительной энергии. Результаты

измерений сечений усреднённых по спектрам указывают на то, что сечения захвата могут быть несколько выше, чем приведены в библиотеках. При ссылке на экспериментальные данные указывается номер работы из ЭКСФОР (X4).

Таблице 1

Сечение, Параметр	ENDF/B-6= ENDF/B-7= JEF-2	JENDL-3.2= JENDL-3.3= CENDL-3= ФОНД-2.2	Экспериментальный результат, если существует. Комментарии. Частичные выводы
E_{\min} , RRR, эВ	-	1.0E-5	Результаты расчёта по одноуровневой формуле Брейта-Вигнера для В-6
E_{\max} , RRR, эВ	-	190.	
N_{res}	-	1 положительный при энергии 0.084 эВ	С-3: $D_0 \sim 385$ эВ, вероятность того, что другой резонанс может внести заметный вклад в сечение при энергии 0.084 эВ является пренебрежимо маленькой
Полное, барн	2952760	2964573	
Упругого рассеяния, барн	299688	299554	
Захвата, барн	2653071	2665019	2650000 \pm 110000.(S.F.Mughabghab (1981)
RI захвата, b	7675.	7600.	Экспериментальные данные отсутствуют
R' , RRR, ферми	-	5.31	
$E_r(+)$, эВ	-	0.084 (J=2)	0.08415 (X4=12032); 0.0849 (X4=12031)
$\Gamma_n(+)$, эВ	-	0.0194 (J=2)	0.02057 (X4=12032); 0.0182 (X4=12031)
$\Gamma_\gamma(+)$, эВ	-	0.095 (J=2)	0.09493 (X4=12032); 0.0942 (X4=12031)
E_{\min} , URR, эВ	-	190.	
E_{\max} , URR, кэВ	-	100.	
R' , URR, ферми	-	5.32	
D_0 , min, эВ	-	~ 380	
Сечение захвата на спектре $^{235}\text{U}(n,f)$	0.0292	0.0946	Прямые экспериментальные данные отсутствуют
Захват при 37.5 кэВ (kT=25 keV), мб	~ 0.43	0.4134	Прямые экспериментальные данные отсутствуют

Полное сечение в области первого резонанса и сечение захвата показаны на рисунках 1 и 2. Имеются также экспериментальные данные по сечению захвата, усреднённому по спектру Максвелла при разной температуре нейтронного газа. Сравнение со значениями, рассчитанными из сечений захвата в библиотеке В-6, приводится на рисунке 3. Как видно, рассчитанное среднее по спектру нейтронов сечение захвата заметно меняется в рабочем интервале температур тепловых реакторов, обуславливая большой температурный коэффициент реактивности в реакторах с высоким отравлением ксеноном. Отметим также, что более поздние экспериментальные данные по средним сечениям (данные Фикеля и Сантри) лежат выше рассчитанных сечений.

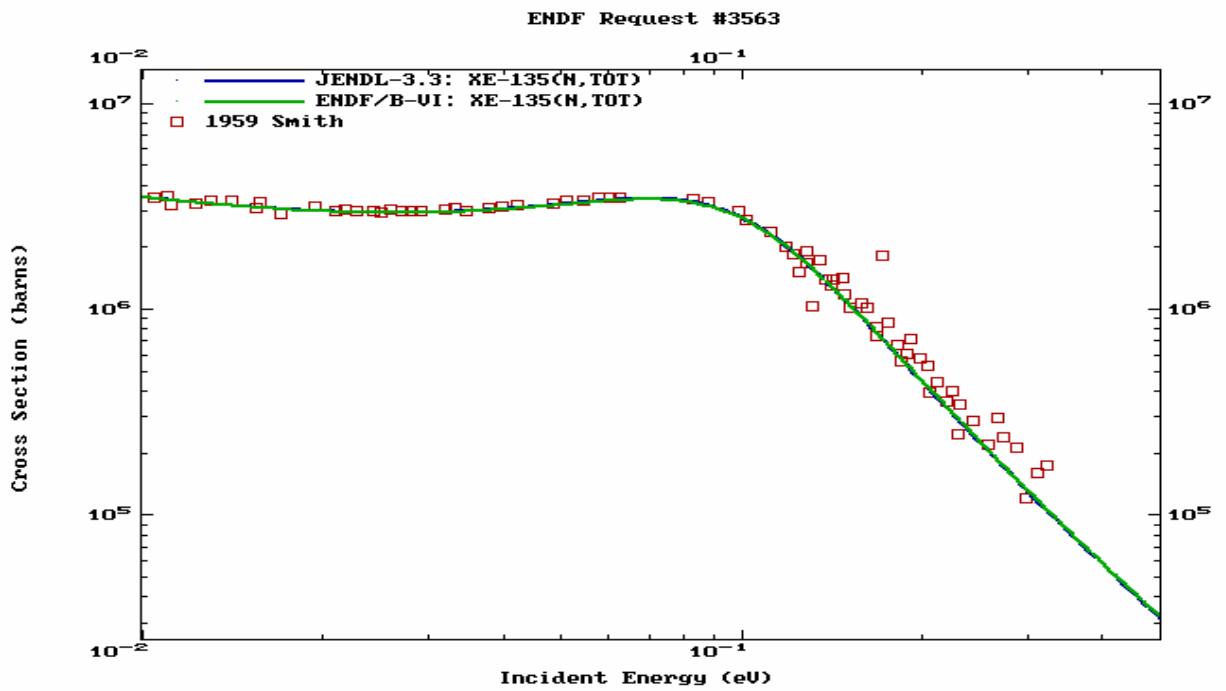


Рис. 1. Полное сечение ^{135}Xe из библиотек J-3 и В-6 в сравнении с имеющимися экспериментальными данными.

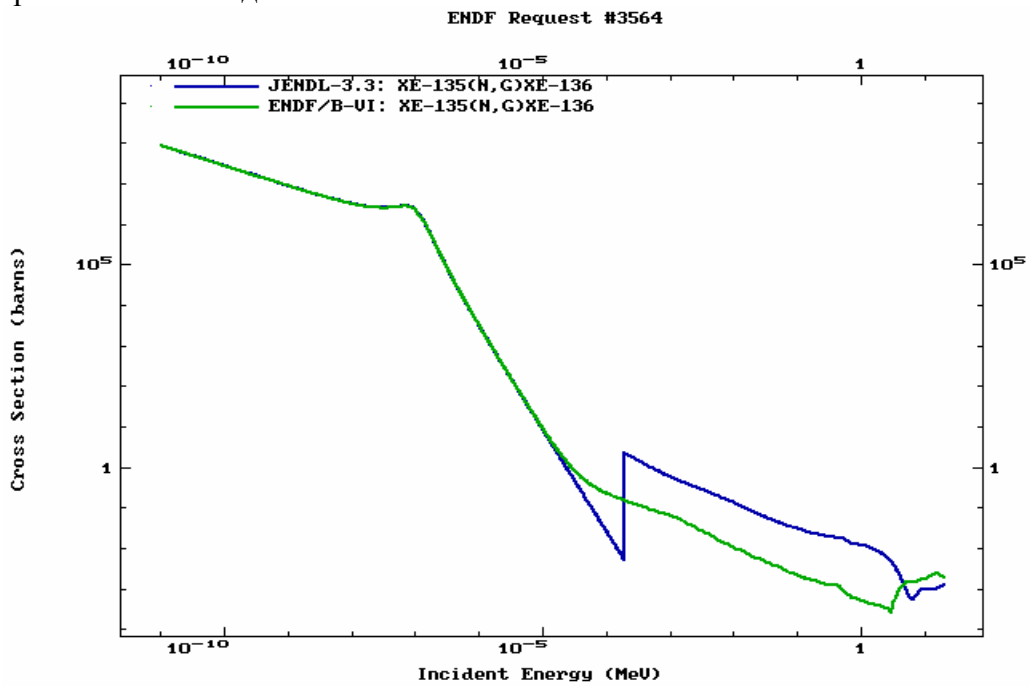


Рис. 2. Сравнение сечения захвата из библиотеки В-6 (плавная кривая) с сечением захвата из библиотеки J-3 (сечение с резким переходом между областью разрешённых и неразрешённых резонансов).

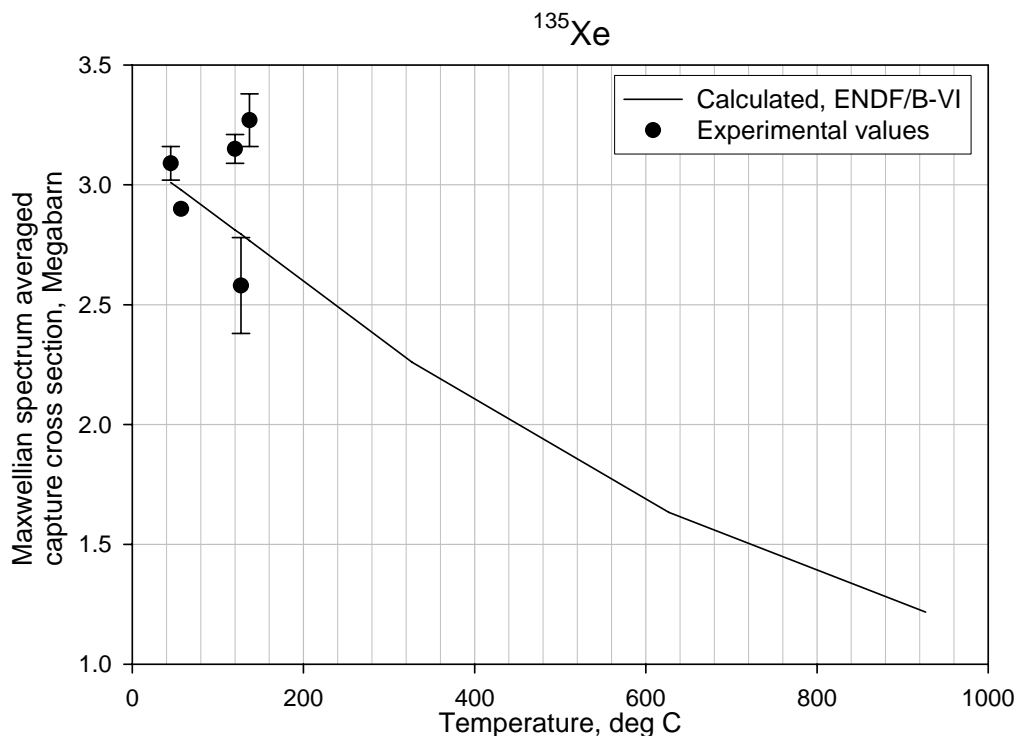


Рис. 3. Сечение захвата, усреднённое по максвелловскому спектру нейтронов с разными температурами. Расчёт – по сечению из библиотеки В-6, экспериментальные данные: X4=12007, J. Petrushka et al. (1955) T=57 deg. C, $\langle\sigma\rangle=2.9$ Mbarn; X4=12009, H. Fikel et al. (1959) T=120 deg C, $\langle\sigma\rangle=3.15\pm 0.06$ Mbarn; X4=12009, H. Fikel et al. (1959) T=137 deg C, $\langle\sigma\rangle=3.27\pm 0.11$ Mbarn; X4=12015, M. Freedman et al. (1956) T=127 deg C, $\langle\sigma\rangle=2.58\pm 0.20$ Mbarn; X4=10261, D. Santry (1973) T=45 deg C, $\langle\sigma\rangle=3.09\pm 0.07$ Mbarn

4. Область быстрых нейтронов

В Таблице 2 приведены основные характеристики оценок в области быстрых нейтронов ($E_n > 100$ кэВ). Так как экспериментальные данные для сечений в этой области энергий отсутствуют, в оценках использовались результаты расчётов по теоретическим моделям. Как показывает сравнение, сечение захвата в В-6 в этой области энергий на порядок величины ниже значений, принятых в J-3 и С-3. Вероятнее всего, что оно существенно занижено. На рисунке 1 приводится сравнение сечений неупругого рассеяния из разных библиотек. Несмотря на то, что сечение в С-3 является завышенным, оно лучше передаёт вклад прямых и предравновесных процессов в неупругое рассеяние нейтронов. К сожалению, ни одна из оценок не приводит энерго-угловые распределения вторичных нейтронов в области континуума уровней в формате файла MF=6. Данные об образовании и спектрах вторичных гамма-квантов отсутствуют во всех библиотеках.

Таблица 2. Характеристики сечений из различных библиотек в области быстрых нейтронов.

Сечение, параметр	ENDF/B-VI =ENDF/B-V =JEFF-3.1	JENDL-3.2 =JENDL-3.3	CENDL-3	Экспериментальный результат, если существует. Комментарии. Частичные выводы
Нижняя граница начала расчётов по оптической и статистической моделям ядра, кэВ	1.	100.	100.	
Полное	~5.5(0.15 МэВ) 4.97(19.5 МэВ)	5.61(0.15 МэВ) ~4.8(19.5 МэВ)	~5.88(0.15 МэВ) ~4.52 (19.5 МэВ)	5.85 барн (^{nat}Xe , $\langle E_n \rangle = 0.1 - 0.2$ МэВ, $X_4 = 11106$) 4.43 б (^{nat}Xe , $\langle E_n \rangle = 19 - 20$ МэВ, $X_4 = 11106$) С-3 основана на Экспериментальных данных для ^{nat}Xe
Дискретные уровни неупругого рассеяния	1 уровень до 0.527 МэВ	16 уровней до 2.093 МэВ	15 уровней до 2.093 МэВ	Вклад прямых процессов не учитывался в В-6 и J-3. Пропущенные уровни в В-6.
Континуум уровней неупругого рассеяния	$E_{cont} = 0.527$ МэВ	$E_{cont} = 2.112$ МэВ	$E_{cont} = 2.093$ МэВ	Вклад механизма предравновесного распада учитывался в J-3, С-3 но не в В-6. В С-3 его вклад переоценен.
Полное сечение неупругого рассеяния	1.858 барн при 5 МэВ 1.0 барн при 20 МэВ	~1.94 барн при 5 МэВ ~0.076 барн при 20 МэВ	2.57 барн при 5 МэВ ~0.38 барн при 20 МэВ	Среднее экспериментальное значение сечения неупругих процессов ($50 < Z < 60$, $4 < E_n < 6$ МэВ) - 2.12 барн. Вероятно С-3 переоценивает, а В-6 и J-3 недооценивает сечение неупругого рассеяния при 5 МэВ. Сечение неупругого рассеяния в В-6 и С-3 выше порога (n,2n) вероятно слишком высоко из-за большого вклада предравновесных процессов, а в J-3 слишком низко.
(n,2n)	нет (n,2n)	1.384 барн при 14 МэВ	1.497 барн при 14 МэВ	
(n,p), (n,a) и другие				Сечения несут существенны для большинства приложений.
Угловые распределения упругого рассеяния	расчёты COM и CM	расчёты COM и CM	расчёты COM и CM	Учёт прямых реакций в каналах неупругого рассеяния понизит величину вклада механизма составного ядра в упругое рассеяние.
Угловые распределения упругого рассеяния	Изотропные в СЦМ	Результаты расчётов в CM	CM, модели предр. распада и прямых реакций	Представление MF=6 должно использоваться в С-3.
Спектры вторичных нейтронов	Температ. представл.	Таблицы вероятн. с учётом стат. и предравн. механизмов	Таблицы вероятн. с учётом стат. и предравн. механизмов	Для спектров при начальной энергии нейтронов выше порога (n,2n) реакции, В-6 содержит ошибочные температурные спектры. J-3 не учитывает вклад прямых процессов.

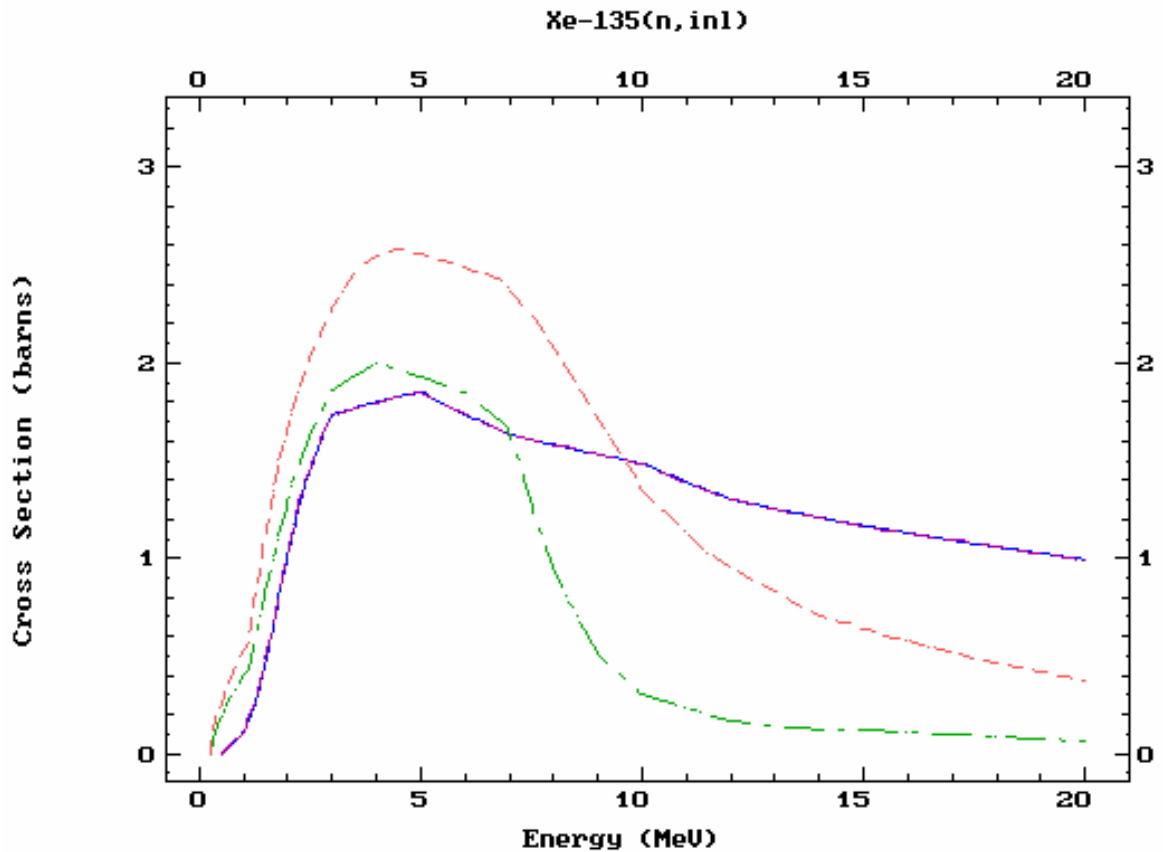


Рис. 4. Оценённые сечения неупругого рассеяния из разных библиотек. Сплошная синяя кривая - ENDF/B-VI и JEF-2, штрих-пунктирная зелёная - JENDL-3, пунктирная красная – CENDL-3.

5.Рекомендации

Так как сечения для тепловых и эпитепловых энергий нейтронов одинаковы во всех файлах, а основные различия в оценках наблюдаются в области быстрых нейтронов, мало существенной для практических приложений, оценка CENDL-3 может быть рекомендована как содержащая наиболее последовательное модельное описание сечений.

6. Динамические эффекты при выгорании ксенона

При глубоком отравлении ксеноном большого энергетического ядерного реактора (накоплении заметного количества ^{135}Xe) ксенон-135 может существенным образом повлиять и на динамику ядерного реактора. Выгорание ксенона в интенсивных нейтронных полях может приводить к заметному высвобождению связанной им положительной реактивности в течении короткого интервала времени (порядка одной – нескольких минут) и привести к локальному нарастанию мощности и аварийной ситуации. Так на четвёртом блоке Чернобыльской станции из-за низкого уровня мощности, на котором блок работал последние часы перед аварией, происходило существенное отравление реактора ^{135}Xe из-за его накопления вследствие распада осколков ^{135}I , образовавшихся при работе блока на номинальной мощности. Избыточная реактивность, связанная ^{135}Xe перед аварией, возможно, была на уровне $13\beta_{\text{eff}}$, т.е. много больше равновесной реактивности, связанной ксеноном при работе блока на номинальной

мощности. Так как реактор РБМК может быть представлен в виде системы нескольких интерферирующих активных зон, и так как из-за провала мощности перед аварией контроль за мощностью (нейтронными полями) осуществлялся только внешними ионизационными камерами, возможно, могла возникнуть следующая ситуация. Из-за неравномерности нейтронного поля и его превышения относительно среднего уровня в какой-то части реактора, в этой части началось интенсивное выгорание ксенона-135. Понижение концентрации ксенона вследствие его выгорания эквивалентно локальному введению положительной реактивности в эту часть реактора, нарастанию нейтронного потока в ней и дальнейшему ускорению выгорания ксенона. Как показывают простейшие оценки, рассматриваемая часть реактора (локальная зона) реактора выйдет на разгон на мгновенных нейтронах, когда выгорание ^{135}Xe увеличит положительную реактивность на долю запаздывающих нейтронов, за время порядка 3 минут. Этот процесс, медленно протекающий в начале (первые 2 минуты), в последнюю минуту развивается быстрее, чем по экспоненциальному закону. В этой оценке предполагается, что реактивность связанная ксеноном была равна $10\beta_{\text{eff}}$, эффективная доля запаздывающих нейтронов для реактора РБМК в конце кампании $\beta_{\text{eff}}=0.0045$; среднее время жизни запаздывающих нейтронов 0.063 сек, среднее время жизни мгновенных нейтронов 0.001 сек, и начальная плотность теплового потока нейтронов $5 \cdot 10^{13}$ нейтронов/см²/сек - характерная для средней плотности нейтронов при номинальной мощности. Внешними ионизационными камерами трудно зафиксировать локальный всплеск нейтронного поля (мощности) в небольшой части реактора, который может привести к катастрофическим последствиям. Более грубая и консервативная оценка, не учитывающая эффект положительной обратной связи в локальном нарастании нейтронного поля при локальном выгорании ксенона, даже не учитывающая сам эффект нарастания нейтронного поля, даёт оценку в 10 минут до выхода на разгон этой части реактора на мгновенных нейтронах. Более высокое содержание ксенона и более низкие значения $\beta_{\text{eff}}=0.0045$ могут существенно уменьшить время до разгона реактора на мгновенных нейтронах.

Автор проведенного отбора оцененных данных

В.Г.Проняев.

54.15. Ксенон-136

Содержание в природной смеси – 8.9%.

В ФОНД-2.2 – та же оценка, что и в JENDL-3.3, с пересмотренными в 1999 г. В.Н. Манохиным сечениями реакций (n,2n) и (n,3n).

JENDL-3.3 – оценка, выполненная рабочей группой в 1990г. Область разрешенных резонансов до 490 кэВ (связанное состояние + 4 s-резонанса (последний – при 253.5 кэВ) + 31 p-резонанса (последний при 580.75 кэВ), область неразрешенных резонансов отсутствует.

JEFF-3.1 = оценка M.Bhat&S.Mughabghab (ENDF/B-V), 1978. Область разрешенных резонансов отсутствует.

ENDF/B-VII b1.2 = CENDL-3 – оценка 1997 принятая в последние версии названных библиотек с пересмотром области разрешенных резонансов Мухабхабом¹. Область разрешенных резонансов до 490 кэВ (связанное состояние + 1 s-резонанс и 35 p-резонансов; энергия последнего s-резонанса 79.3 кэВ, последнего p-резонанса – 580.75 кэВ), область неразрешенных резонансов отсутствует.

Сечения основных реакций на интегральных спектрах приведены в нижеследующей таблице сравнении с данными, полученными на основе библиотеки ФОНД-2.2 (жирным синим шрифтом)

	Total	Inelastic	(n,2n)	(n,γ)	(n,p)	(n,α)
0.0253 эВ	8.475 6.088	0	0	0.26 0.261	0	0
Резонансный интеграл		0	0	0.14 0.142	0	0
Спектр деления ²³⁵ U	5.21 5.11	0.87 0.68	0.0038 0.0041	0.0008 0.0005	0.0000 0.0000	0.0000 0.0000
14 МэВ	4.87 4.98	0.69 0.16	1.68 1.71	0.0006 0.0010	0.0033 0.0002	0.0007 0.0003

Как видно, если не считать сомнительного резкого повышения сечения неупругого рассеяния при высоких энергиях, существенного изменения сечений при переходе от прежней оценки к новой не произошло.

Заключение

В РОСФОНД целесообразно сохранить оценку прежнюю оценку, заменив в ней область разрешенных резонансов на оценку из ENDF/B-VII b1.2.

Автор отбора данных
Николаев М.Н.