

97.БЕРКЛИЙ

Берклий обладает пятью долгоживущими изотопами ^{245}Bk ($T_{1/2}=4.90$ дн.), ^{246}Bk ($T_{1/2}=1.80$ дн.), ^{247}Bk ($T_{1/2}=1380$ г.), ^{248}Bk ($T_{1/2}> 9$ г.), ^{249}Bk ($T_{1/2}= 320$ дн.). ^{248}Bk обладает также сравнительно долгоживущим изомером $^{247}\text{Bk}^m$ ($T_{1/2}=23.7$ ч.), однако период его полураспада менее суток и данные для него в РОСФОНД могут и не вноситься.

В реакторе первичным материалом для образования всех этих изотопов является наработка ^{249}Cm ($T_{1/2}=64.15$ мин.), испытывающего бета-распад в ^{249}Bk . Все остальные долгоживущие изотопы могут быть образованы лишь путем последовательных реакций (n,2n) и (n,3n). ^{249}Bk , распадающийся в ^{249}Cf , является важнейшим промежуточным продуктом при наработке ^{252}Cf и поэтому ясно, что знание нейтронных данных для него с практической точки зрения представляет наибольший интерес. ^{250}Bk , образующийся при захвате нейтронов в ^{249}Bk , также испытывает бета распад в калифорний (разумеется, в ^{250}Cf) с периодом всего 3.212 ч. Поэтому захват нейтронов в ^{249}Bk с последующим распадом ^{250}Bk , позволяет получить ^{250}Cf более эффективным путем, чем через ^{249}Cf с последующим захватом нейтрона (^{249}Cf обладает большим сечением деления - порядка 1700 барн для тепловых нейтронов, существенно большим, чем сечение захвата – 500 барн и поэтому значительная доля образовавшегося ^{249}Cf теряется при делении так и не образовав ^{250}Cf). В связи с изложенным определенный интерес представляет и знание сечений короткоживущего ^{250}Bk – по крайней мере для того, чтобы убедиться в том, что за свое короткое время жизни он, действительно, не успеет разделиться.

97.1. Берклий-245

Радиоактивен ($T_{1/2}=4.90$ дн.). Распадается, главным образом путем захвата орбитального электрона в ^{245}Cm ; вероятность альфа-распада 0.12%. Источником может служить реакция $^{247}\text{Bk}_{(T_{1/2}=1380\text{ г.})}(n,3n)$.

Полных оценок нейтронных данных не имеется. Оценка нейтронных сечений содержится в EAF-2003. Экспериментальных данных для ее проверки нет.

Из этой оценки получены следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

Источник	$\sigma_c(0.0253\text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253\text{ эВ})$	RI_f
EAF-2003	37.60	144.25	18.00	7.99

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку сечений из EAF-2003. Парциальные сечения образования конечных ядер в разных состояниях, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и 10 удалить, поскольку долгоживущих изомеров в нейтронных реакциях на рассматриваемом изотопе не образуется.

Файлу присвоить МАТ=9745.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

97.2. Берклий-246

Радиоактивен ($T_{1/2}=1.80$ дн.). Распадается путем захвата орбитального электрона в ^{246}Cm . Источником может служить реакция $^{247}\text{Bk}_{(T_{1/2}=1380 \text{ г.})}(n,2n)$.

Полных оценок нейтронных данных не имеется. Оценка нейтронных сечений содержится в EAF-2003. Экспериментальных данных для ее проверки нет.

Из этой оценки получены следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

Источник	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})$	RI_f
EAF-2003	37.60	106.22	3085	1385

Как видим, тепловое сечение захвата принято в точности таким же, как для берклия-245. Основания для выбора теплового сечения деления неизвестны – видимо оно оценено на основе какой-то систематики. То же относится к резонансным интегралам.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку сечений из EAF-2003. Файлу присвоить МАТ=9746.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

97.3. Берклий-247

Радиоактивен ($T_{1/2}=1380$ лет). Испытывает альфа-распад в америций-243. Источником может служить реакция $^{249}\text{Bk}_{(T_{1/2}=320 \text{ д.})}(n,3n)$ ^{247}Bk или цепочка реакций $^{249}\text{Bk}_{(T_{1/2}=320 \text{ д.})}(n,2n)$ $^{248}\text{Bk}_{(T_{1/2}>9 \text{ г.})}(n,2n)$ ^{247}Bk .

В JENDL-3.3 содержится полная оценка нейтронных данных для этого изотопа, выполненная Накагавой и Лью (T.Nakagawa, T.Liu) в 1995 г. Оценка основана на расчетах по оптической и статистической моделям (программа GNASH). Введены фиктивные резонансы с параметрами обеспечивающими заданные тепловые сечения.

. Оценка нейтронных сечений содержится также в EAF-2003. Экспериментальных данных для проверки оцененных данных в EXFORe нет.

Из упомянутых оценок получены следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

Источник	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})$	RI_f
JENDL-3.3	183.8	895	91.9	448
EAF-2003	37.60	144.25	18.00	7.99

Различия, как видим, весьма велики, что и не удивительно при полном отсутствии экспериментальных данных.

На рис.1 и 2 сравниваются оцененные сечения деления и радиационного захвата. Как видим, оценки сечения деления в области быстрых нейтронов совпадают (т.е. принята одна и та же оценка - японская). В резонансной области различия кардинальны из за разных подходов к описанию структуры сечений (оценка EAF-2003 на это не претендует). Сечения захвата в области быстрых нейтронов различаются существенно, но в более важной резонансной области в среднем различаются сравнительно слабо.

Наиболее существенно различие в тепловых сечениях и резонансных интегралах.

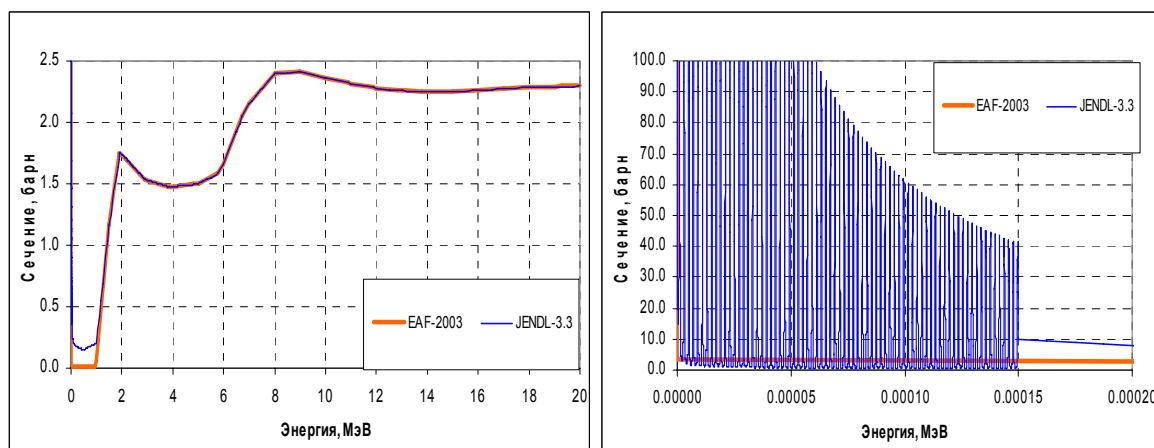


Рис. 1. Сечение деления

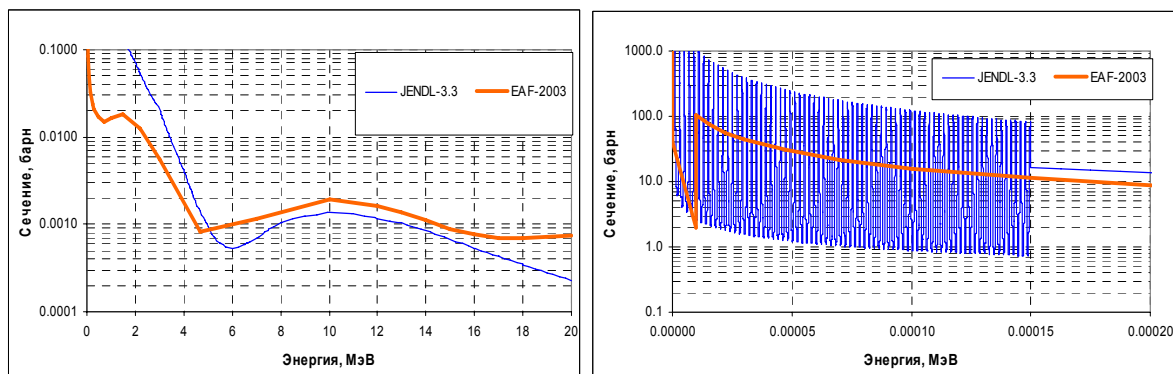


Рис.2. Сечение захвата.

Закключение

Принять в РОСФОНД оценку сечений из JENDL-3.3 поскольку при работе над ней особенности изотопов берклия и соседних актинидов (оценивавшимися в то же время теми же авторами) учтены, видимо, более полно, чем это могло быть сделано при оценке файлов для EAF-2003. К тому же оценка JENDL-3.3 существенно полнее: она содержит и данные о сечениях рассеяния и энерго-угловые распределения вторичных нейтронов. Данные о выходах 8 групп запаздывающих нейтронов принять в соответствии с оценкой JEFF-3.1, а их спектры – такими же, как и для урана-235.

Файлу присвоить МАТ=9747.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

97.4. Берклий-248

Радиоактивен ($T_{1/2} > 9$ лет). Способ распада плохо известен; вероятнее всего преобладает альфа-распад в америций-244.

Полных оценок нейтронных данных не имеется. Оценка нейтронных сечений содержится в EAF-2003. Экспериментальных данных для ее проверки нет.

Из этой оценки получены следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

Источник	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})$	RI_f
EAF-2003	37.60	106.22	715	321

Как видим, тепловое сечение захвата принято в точности таким же, как для берклия-245 и берклия-246. Резонансный интеграл захвата совпадает с таковым для берклия-246. Сечение деления отлично от данных для других изотопов. Основания для выбора этого сечения деления неизвестны.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку сечений из EAF-2003. Файлу присвоить МАТ=9748.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

97.5. Берклий-249

Радиоактивен ($T_{1/2} = 320$ дн.). Испытывает бета-распад в калифорний-249. Вероятность альфа-распада $1.3 \cdot 10^{-3}$; вероятность спонтанного деления - $4.7 \cdot 10^{-8}$.

В JENDL-3.3 и в JEFF-3.1 содержится оценка Кикучи и Накагавы T.Nakagawa) 1985 г.

В ENDF/B-VIIb2 содержится оценка Чжоу Делиня (Zhou Delin) 1986 г., перешедшая еще из ENDF/B-V и выполненная с учетом результатов оценки Кикучи и Накагавы.

Имеется также оценка нейтронных сечений берклия-249 в EAF-2003.

В нижеследующей таблице сравниваются следующие из этих оценок тепловые сечения и резонансные интегралы.

Источник	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})$	RI_f	ν_p
ENDF/B-VII	745.3	1127.3	3.99	6.49	3.3375
JENDL-3.3	710.9	1123.7	3.97	650	3.41
EAF-2003	711.4	1123	3.97	6.50	
Мухабхаб-84	746±40	1100±100			
Косяков-72					3.395±0.026
Гаврилов-75	1800±100				
Ice-66	660				
Magnusson-54	350				
Harvey-54	$\sigma_a(0.0253 \text{ эВ})=1100\pm300$				
Folger-68	$\sigma_a(0.0253 \text{ эВ})=1400$; $RI_a=1240$				
Ануфриев-83	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})=500\pm70$				

Приведены также оценки Мухабхаба и результаты экспериментов, содержащихся в EXFORe. Разброс данных весьма велик и не позволяет отдать предпочтение какой-либо из оценок.

На рис.1 и 2 оцененные сечения деления и захвата сравниваются с имеющимися экспериментальными данными.

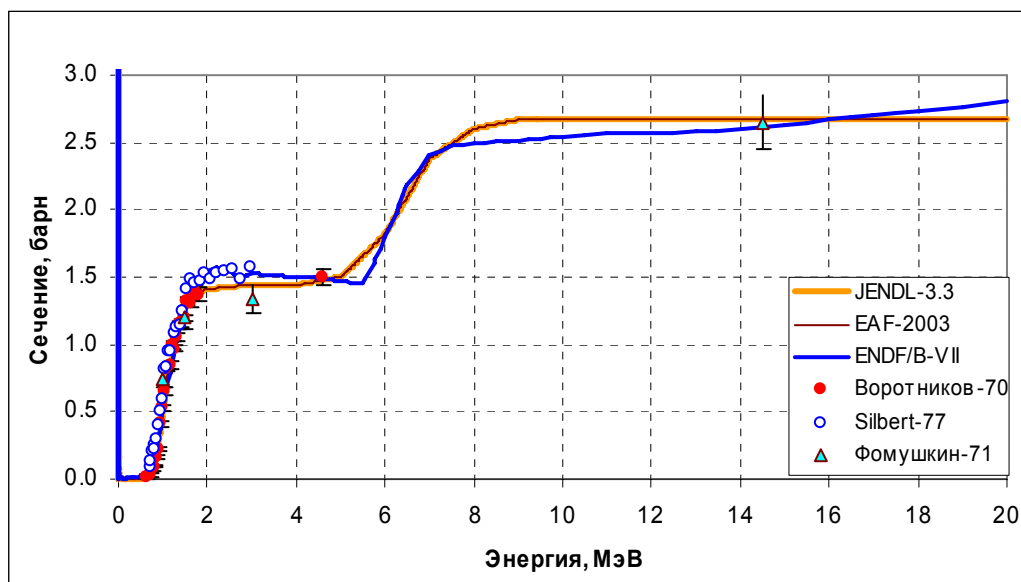


Рис.1а. Сечение деления

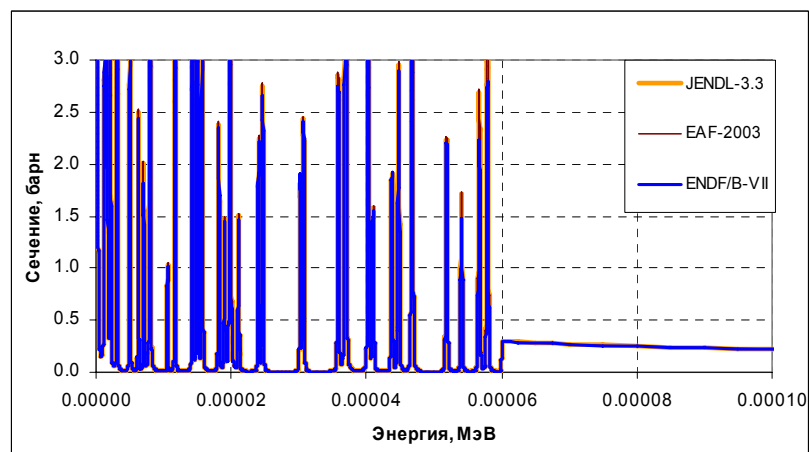


Рис.1б. сечение деления в резонансной области.

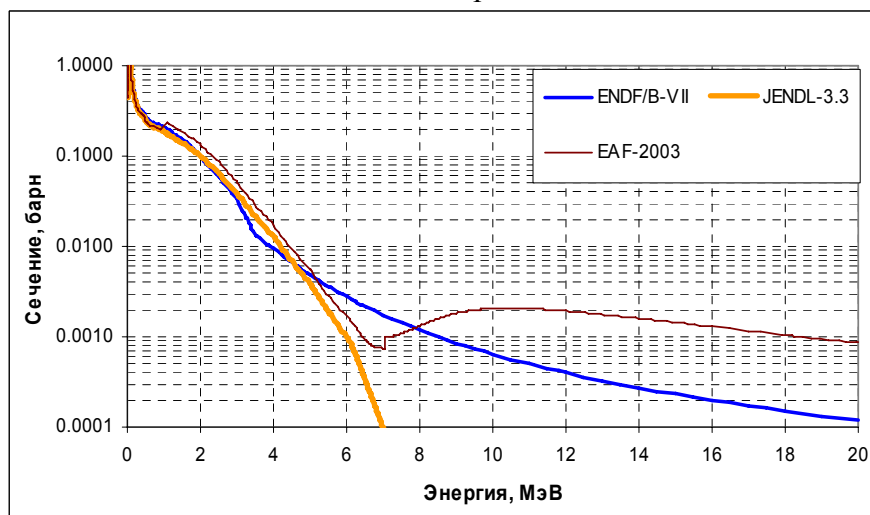


Рис.2. Сечение захвата

Как видно, оценки сечения близки друг к другу (а оценки EAF-2003 и JENDL-3.3 в точности совпадают). Сечение захвата в области быстрых нейтронов в оценке ENDF/B-VII наиболее реалистично.

Заключение

В РОСФОНД целесообразно принять оценку ENDF/B-VIIb2. Данные о выходах 8 групп запаздывающих нейтронов принять в соответствии с оценкой JEFF-3.1, а их спектры – такими же, как и для урана-235. Файлу присвоить MAT=9749.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

97.6. Берклий-250

Радиоактивен ($T_{1/2}=3.212$ ч). Испытывает бета-распад в калифорний-250.

Во всех полных библиотеках содержится одна и та же оценка Накагавы (t. Nakagawa), выполненная в 1987 г.

Оценка нейтронных сечений содержится также в EAF-2003.

Из названных оценок получены следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

Источник	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})$	RI_f
JENDL-3.3	353.1	198.9	958.5	505.5
EAF-2003	353.3	198.9	959	505.5
Diamond-68			960±150	

Оценки практически совпадают и прекрасно согласуются с единственным имеющимся экспериментом Дайамонда.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку Накагавы из JENDL-3.3. Данные о выходах 8 групп запаздывающих нейтронов принять в соответствии с оценкой JEFF-3.1, а их спектры – такими же, как и для урана-235. Файлу присвоить MAT=9750.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.