

48. КАДМИЙ

48.0. Общие замечания

Для библиотеки РОСФОНД требовалось отобрать нейтронные данные для 8-ми стабильных и 4-х долгоживущих изотопов кадмия. Рассмотрим результаты деятельности по переоценке данных для изотопов кадмия, проведенной в последние годы в сравнении с оценками, содержащимися в ФОНД-2.2. При этом главное внимание будем обращать на результаты оценки сечения захвата, поскольку почти все изотопы кадмия являются важными продуктами деления. Кроме этого, природный кадмий широко используется в экспериментальной физике, как материал для отсека тепловых нейтронов.

Все экспериментальные данные, используемые при сравнении с оцененными сечениями, были взяты из базы данных EXFOR-CINDA (версия 1.81, июнь 2005).

Радиоактивные изотопы.

Из 3-х долгоживущих изотопов диспрозия - ^{109}Cd ($T_{1/2}=461.4$ дн.), $^{113\text{m}}\text{Cd}$ ($T_{1/2}=14.1$ г.) и ^{115}Cd ($T_{1/2}=53.46$ ч.) - авторы библиотеки EAF-3 (=ФОНД-2.2) пересмотрели данные для ^{109}Cd , уменьшив сечение захвата тепловых нейтронов с 700 барн (EAF-3) до 182 барн (см. рисунок 1). Основанием явился пересчет сечения по программе MUSGAM. Данные для $^{113\text{m}}\text{Cd}$ претерпели незначительные изменения (см. рисунок 2), а данные для ^{115}Cd и вовсе не изменились (см. рисунок 3).

Особая ситуация наблюдается для радиоактивного изотопа $^{115\text{m}}\text{Cd}$ ($T_{1/2}=44.56$ д.). Для него международной рабочей группой по оценке нейтронных данных для продуктов деления (SWG-23) создан полный файл нейтронных данных на основе новой компиляции резонансных параметров Мухабхаба (2006 г.). И, конечно, сечение радиационного захвата в новом файле определяется по параметрам разрешенных резонансов, а не по параметрам оптической модели. В новом файле сечение захвата изменено с 31 барн до 5 барн (см. рисунок 4).

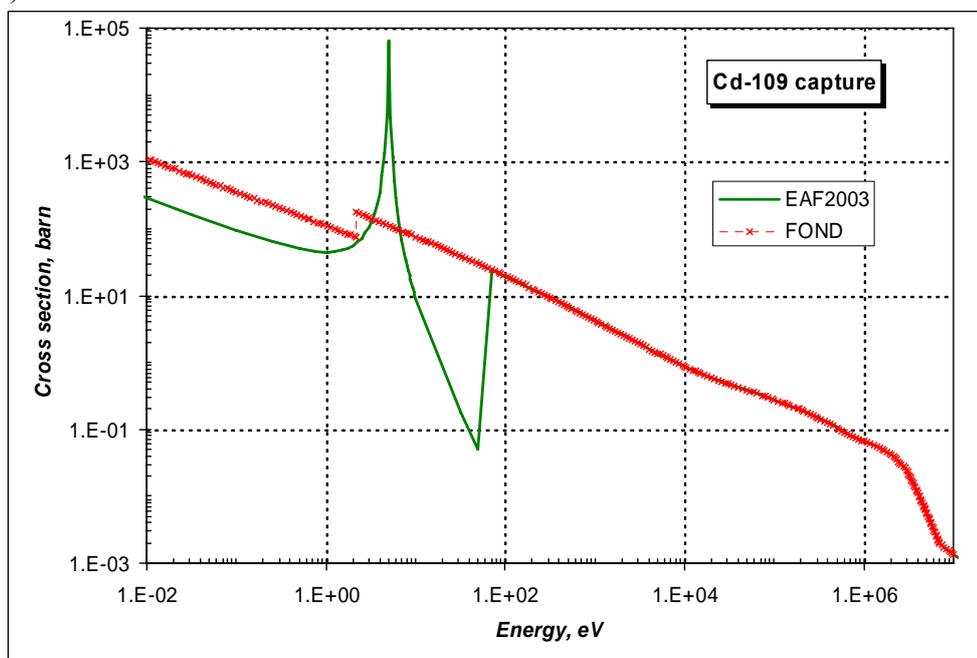


Рисунок 1 – Сравнение сечения радиационного захвата на Cd-109.

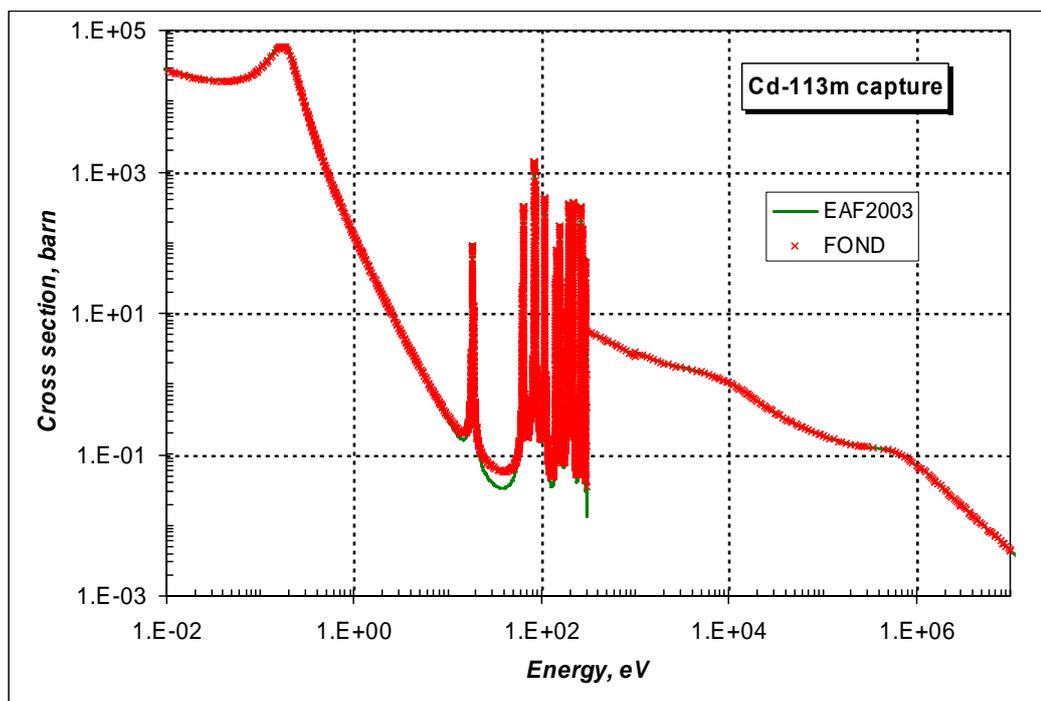


Рисунок 2 – Сравнение сечения радиационного захвата на Cd-113m.

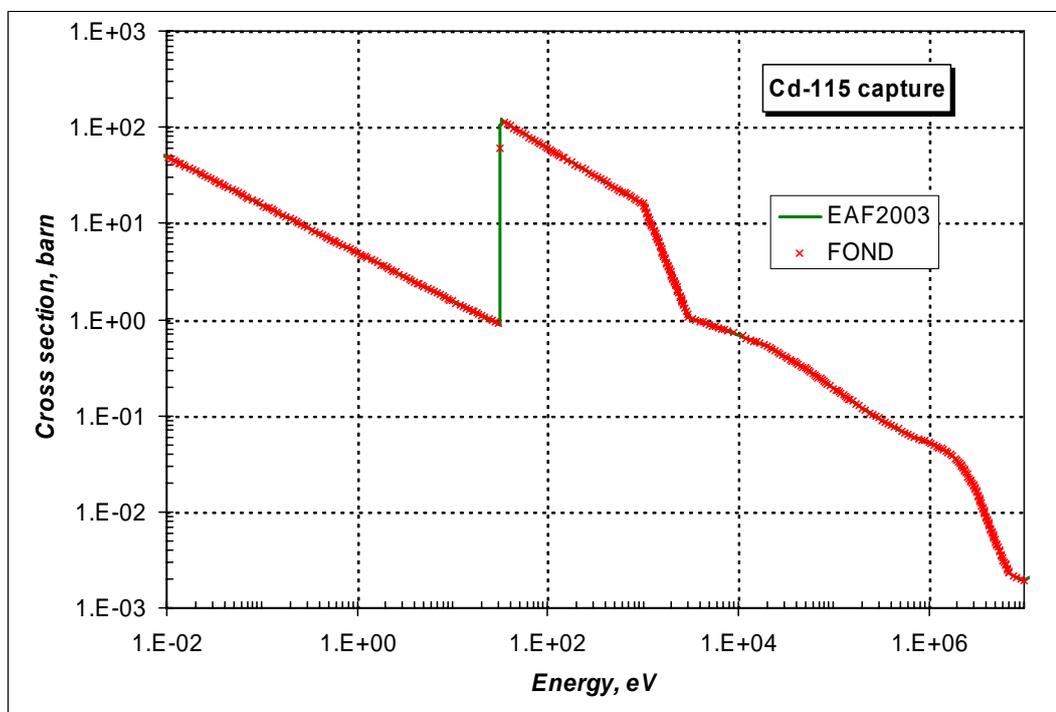


Рисунок 3 – Сравнение сечения радиационного захвата на Cd-115.

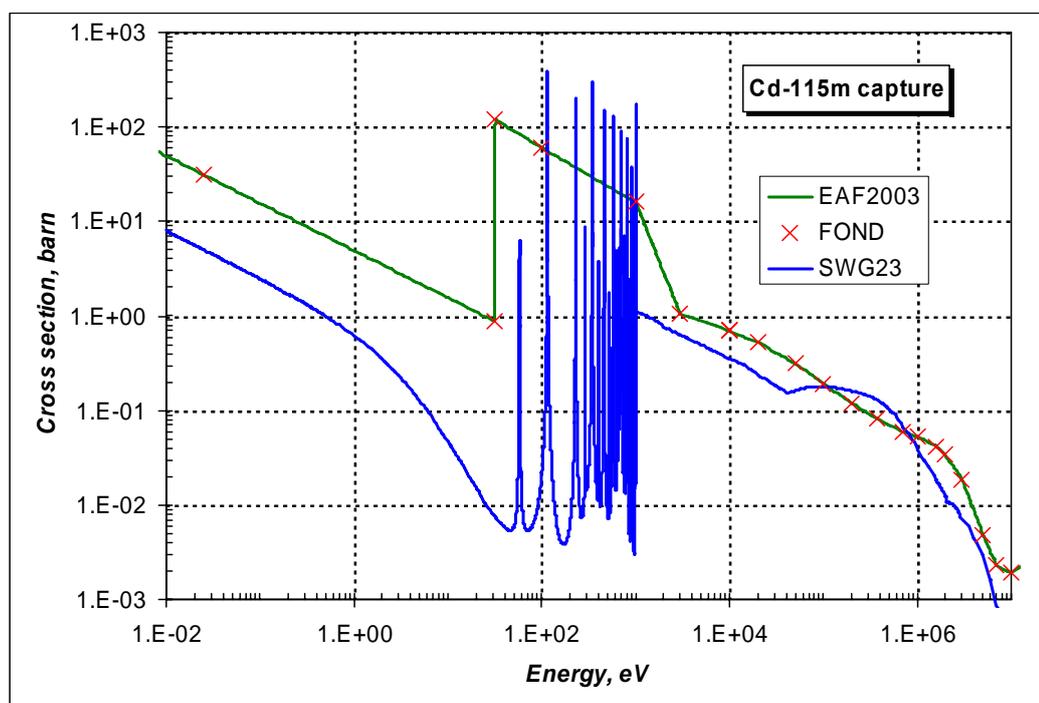


Рисунок 4 – Сравнение сечения радиационного захвата на Cd-115m.

Стабильные изотопы.

Данные для всех стабильных изотопов кадмия в библиотеке ФОНД-2.2 были взяты из библиотеки JENDL-3.2 после тщательного тестирования сечений радиационного захвата 162-х ядер продуктов деления в рамках работы рабочей группы SWG-17. В последние 4 года изучение сечений продуктов деления вышло на новый уровень международного сотрудничества. Так в рамках рабочей группы SWG-21 были проанализированы с точки зрения полноты и аргументированности нейтронные данные для более 200 ядер, образующихся при делении. Были намечены пути улучшения их надежности и достоверности. В рамках работы международной группы SWG-23 на основе рекомендаций группы SWG-21 были созданы полные файлы нейтронных данных для отмеченных ядер – продуктов деления. Далее, в рамках создания новой версии библиотеки ENDF/B-VII созданные файлы были протестированы ведущими специалистами в области нейтронной физики. В настоящее время, продолжается тестирование новых нейтронных данных в рамках версии betha2 библиотеки ENDF/B-VII. ***Эти данные, как результат международного сотрудничества, не без основания взяты нами за основу нейтронных данных для стабильных нуклидов кадмия в библиотеку РОСФОНД.***

Анализ нейтронных сечений проводится на двух уровнях.

На первом уровне проведено сравнение резонансных свойств нуклидов в области разрешенных резонансов. Здесь резонансная структура сечений может быть охарактеризована с помощью сечения реакции в тепловой точке $E=0.0253$ эВ и значения резонансного интеграла в области энергий от 0.5 эВ до 100 кэВ. Отметим, что основной вклад в резонансный интеграл дает резонансное поглощение на первых резонансах. Все характеристики сечения в области разрешенных резонансов получены с помощью программы INTER из пакета программ ENDF UTILITY, распространяемые секцией ядерных данных при МАГАТЭ.

На втором уровне проведено сравнение энергетической зависимости сечения радиационного захвата с имеющимися экспериментальными данными в области неразрешенных резонансов и в области энергий выше 100 кэВ.

Ниже, в таблице 1 приводится сравнение резонансных свойств стабильных нуклидов кадмия с данными из последней компиляции Мухабхаба (2006 г.).

Таблица 1 – Сравнение резонансных свойств стабильных изотопов кадмия.

| Нуклид | Источник данных | Граница области | | E=0.0253 эВ | | I_γ , барн |
|--------|-----------------|-----------------|----------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| | | RRR, кэВ | URR, кэВ | σ_{tot} , барн | σ_γ , барн | |
| Cd-106 | SWG23 | 6.0 | 100. | 5.56 | 1.004 | 6.16 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | ~ 1 | 4 ± 1 |
| Cd-108 | SWG23 | 6.0 | 100. | 4.38 | 0.797 | 12.1 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | 0.72±0.13 | 11 ± 3 |
| Cd-110 | SWG23 | 7.0 | 100. | 15.3 | 11.0 | 39.2 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | 11±1 | 41±3 |
| Cd-111 | SWG23 | 2.3 | 100. | 12.5 | 6.89 | 46.8 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | 24±3 | 50±5 |
| Cd-112 | SWG23 | 11.5 | 100. | 7.28 | 2.20 | 13.0 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | 2.2±0.5 | 12±2 |
| Cd-113 | SWG23 | 11.0 | 100. | 20.7e3 | 20.7e3 | 392. |
| | Mughabghab04 | - | - | - | (20.6±0.4)e3 | 390±40 |
| Cd-114 | SWG23 | 8.0 | 100. | 4.82 | 0.336 | 12.98 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | 0.34±0.02 | 14.1±0.7 |
| Cd-116 | SWG23 | 9.5 | 100. | 6.09 | 0.075 | 1.71 |
| | Mughabghab04 | - | - | - | 0.075±0.020 | 1.6±0.3 |

Из приведенной в таблице 1 информации видно, что наблюдается хорошее согласие между оцененными интегральными характеристиками сечения в области разрешенных резонансов и данными из компиляции Мухабхаба (2004 г.).

Отметим, что для Cd-111 наблюдается большое различие в тепловом сечении, полученном по программе INTER и взятом из компиляции Мухабхаба. Похоже, что в компиляции допущена просто ошибка, поскольку в эксперименте Васильевой и др. (Дубна, 1994 г) получено значение 7.7 ± 0.8 барн.

Ниже для каждого изотопа приводятся графики сечения радиационного захвата в двух энергетических областях: в области разрешенных резонансов - для наглядности имеющейся резонансной структуры сечения и в области энергий неразрешенных резонансов и гладких сечений - для сравнения с имеющимися экспериментальными данными.

48.1. Кадмий-106

Содержание в естественной смеси 1.25%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J. McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 5 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

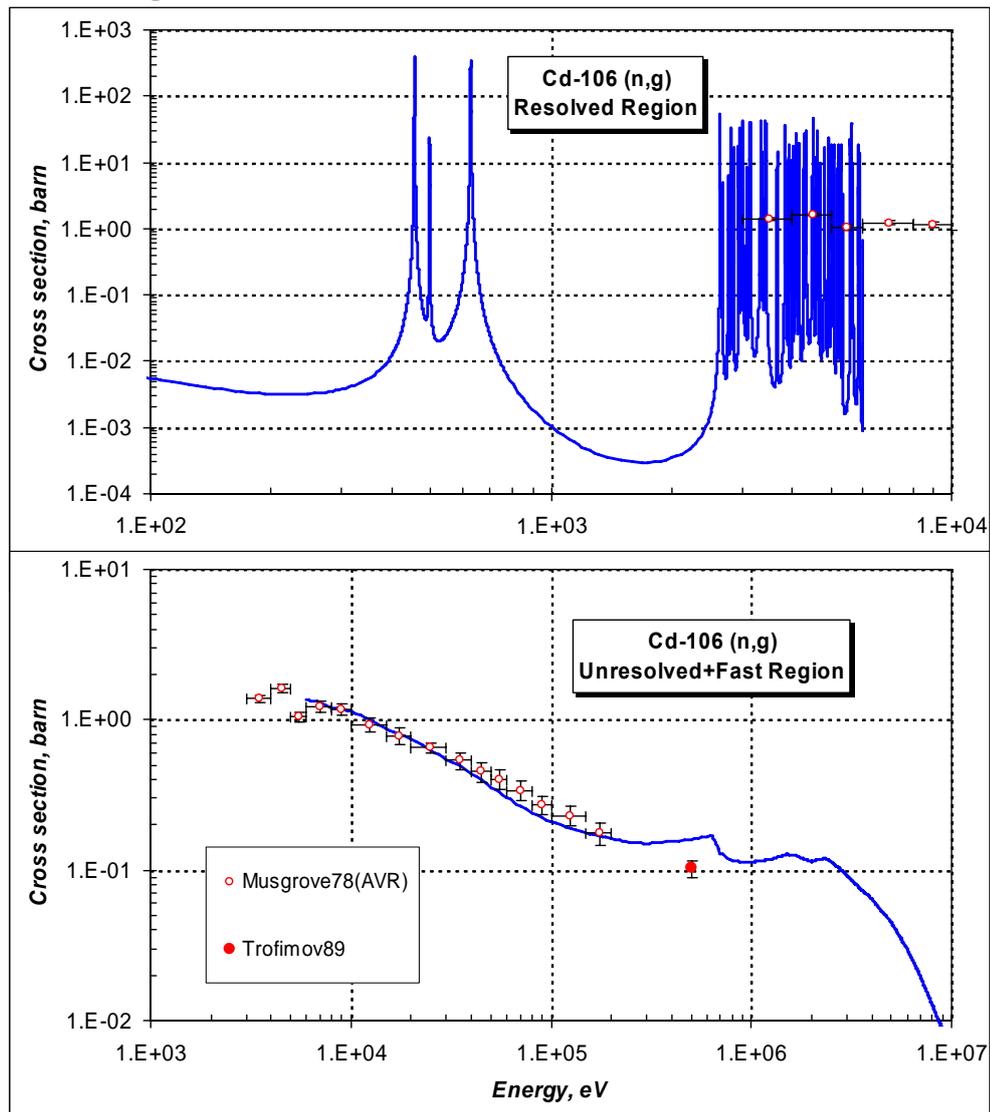


Рисунок 5 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-106 с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 5 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) в области энергий до 200 кэВ и проходит выше экспериментальной точки Трофимова (1989 г.) при E=500 кэВ.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секцией MT=103 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{106}\text{Ag}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003.

Автор рекомендации

Кошечев В.Г.

48.2. Кадмий-108

Содержание в естественной смеси 0.89%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J.McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 6 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

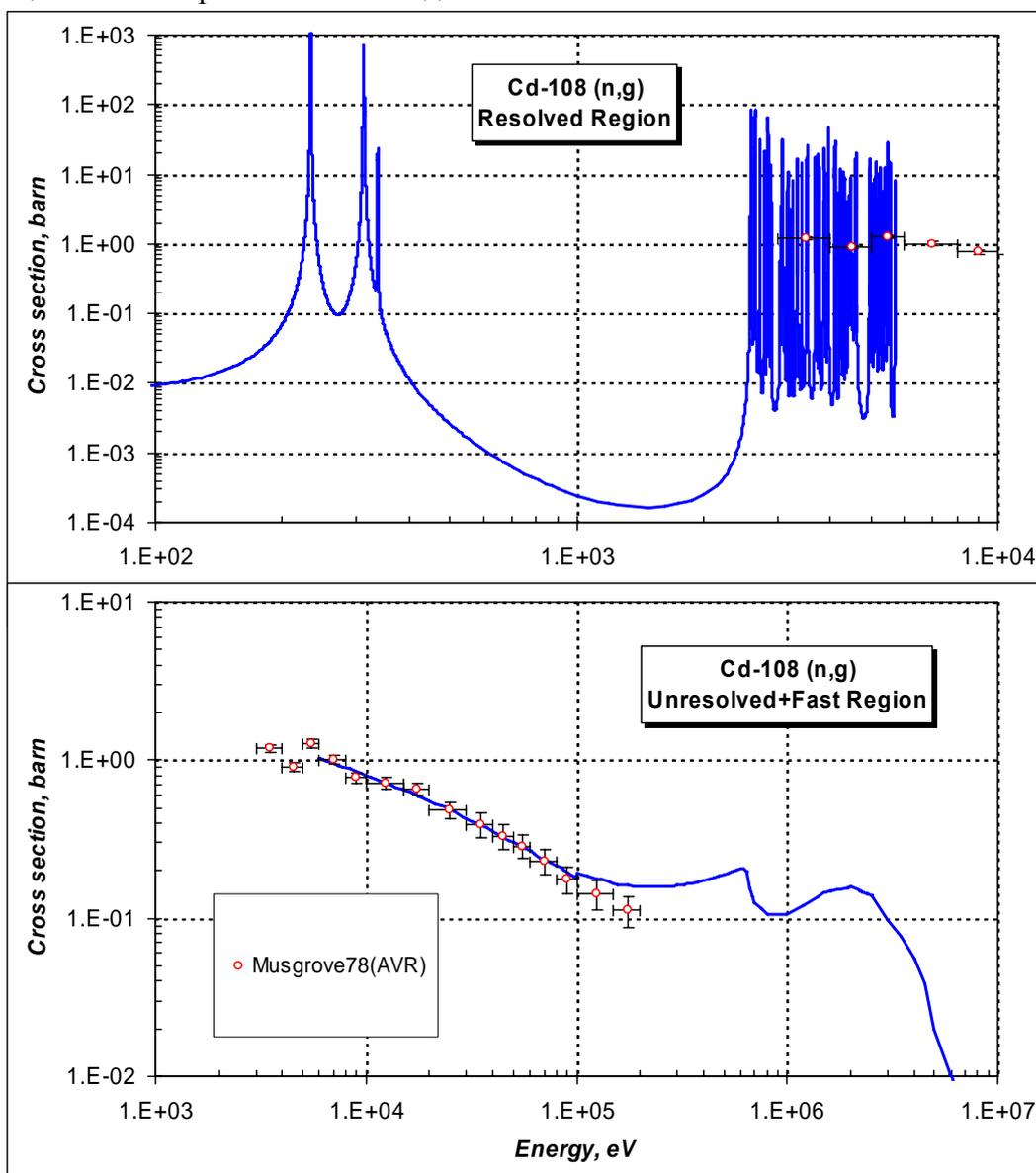


Рисунок 6 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-108 с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 6 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) в области энергий до 100 кэВ и проходит выше экспериментальных данных выше 100 кэВ.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секциями MT=32,103 и 105 с вероятностями образования долгоживущих изомеров $^{106}\text{Ag}^m$ и $^{108}\text{Ag}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Г.

48.3. Кадмий-109

Радиоактивен ($T_{1/2}=462.6$ дн.). Испытывая захват орбитального электрона превращается в стабильное серебро-109.

Заключение

Как следует из раздела 48.1, в РОСФОНД следует принять файл данных из EAF-2003. Сечения образования изомеров, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Включить файл MF=9 с секциями MT=32, 103 и 105 с вероятностями образования долгоживущих изомеров $^{106}\text{Ag}^m$ и $^{108}\text{Ag}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003. Файл MF=10 исключить.

Автор рекомендации

Кощев В.Н.

48.4. Кадмий-110

Содержание в естественной смеси 12.49%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J. McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 7 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 7 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) и Висхака (2002 г) в области энергий до 100 кэВ проходит выше экспериментальных данных выше энергии 100 кэВ. Причем экспериментальные данные Висхака приблизительно на 10% ниже данных Масгроува в области энергий выше 100 кэВ.

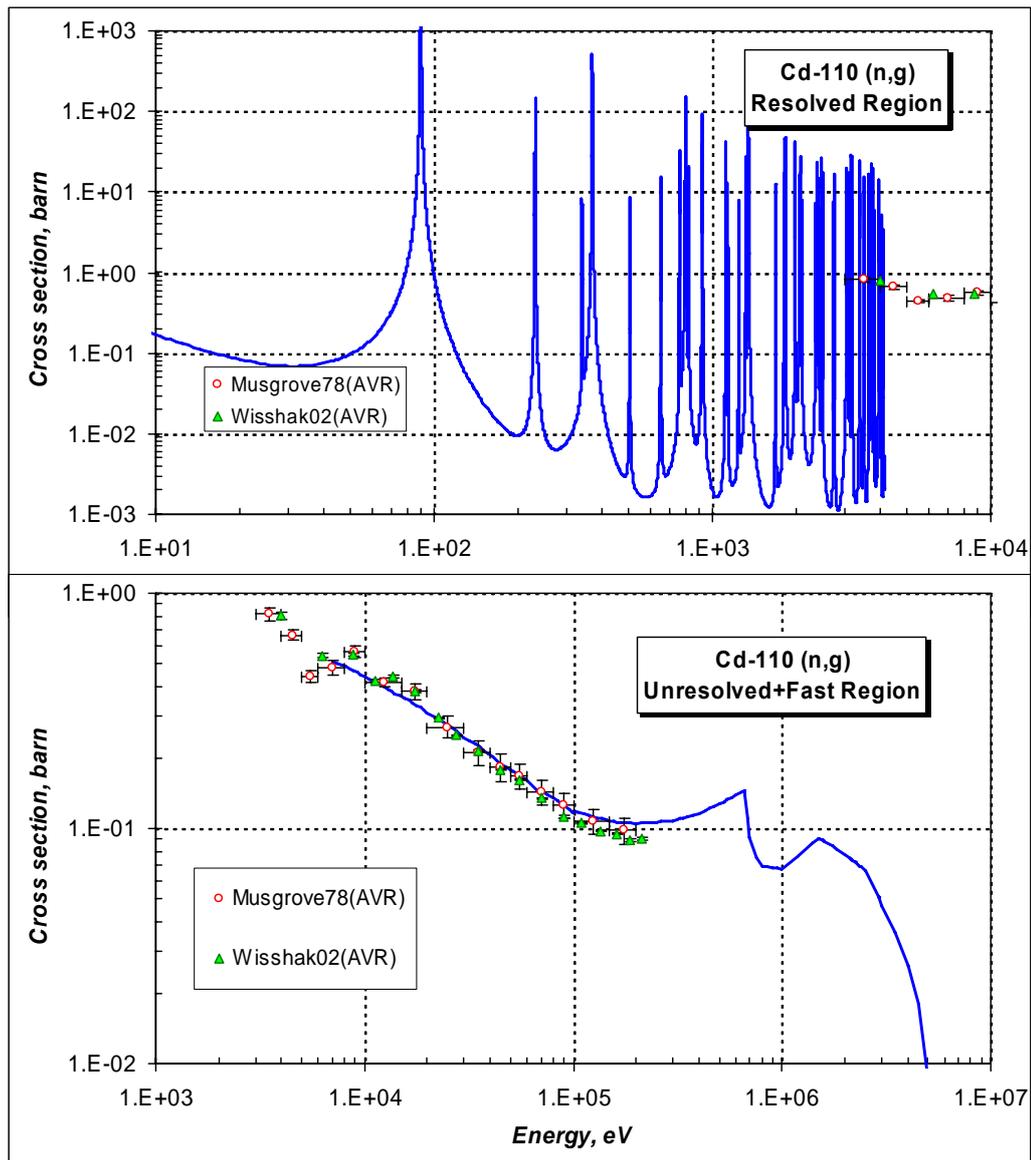


Рисунок 7 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-110 с экспериментальными данными.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секциями MT=32,103 и 105 с вероятностями образования долгоживущих изомеров $^{108}\text{Ag}^m$ и $^{110}\text{Ag}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Г.

48.5. Кадмий-111

Содержание в естественной смеси 12.80%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J. McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 8 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

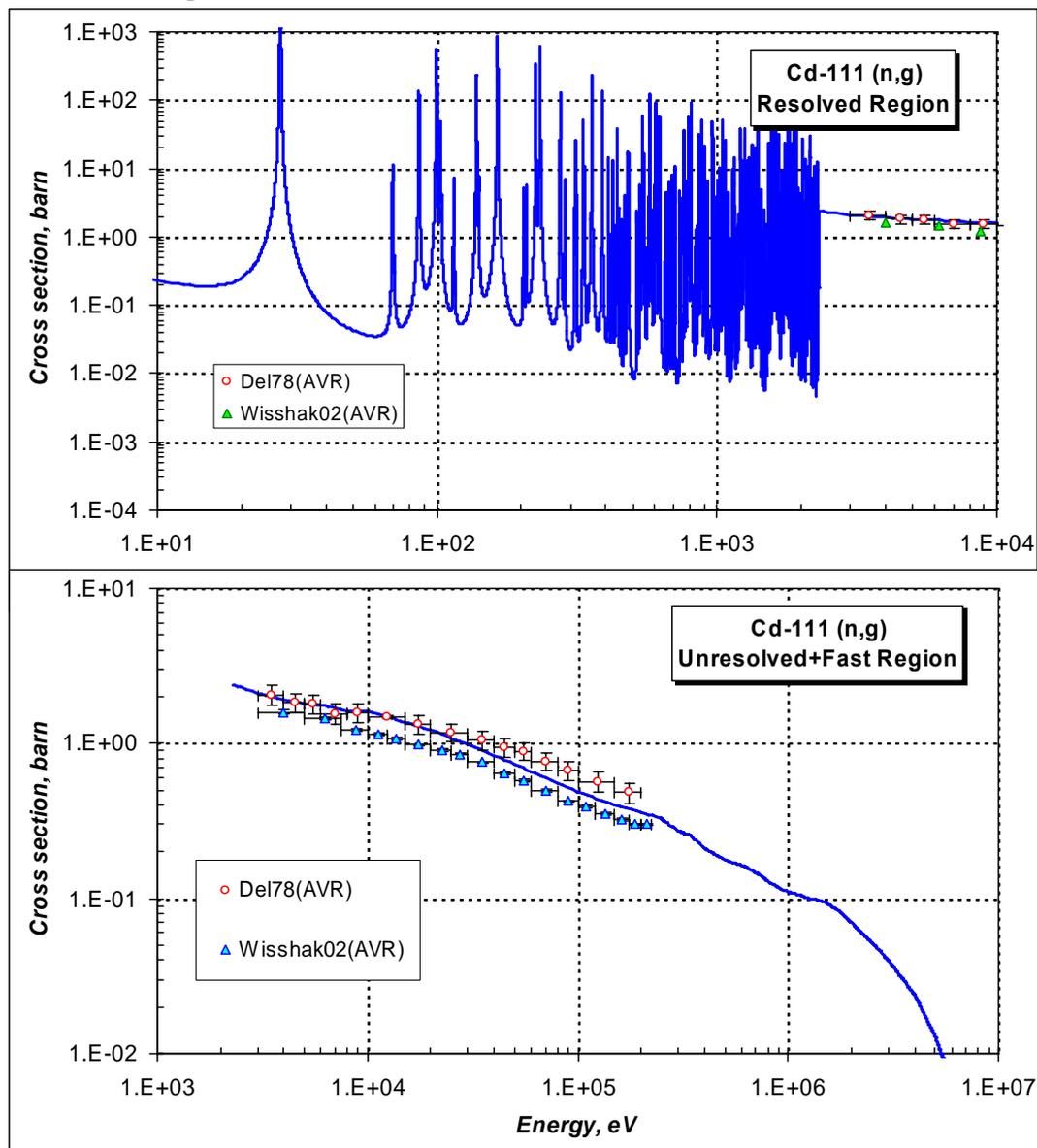


Рисунок 8 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-111 с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 8 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) в области энергий до 10 кэВ, проходит ниже экспериментальных данных выше энергии 10 кэВ. При этом экспериментальные

данные Висхака (2002 г.) приблизительно на 10-20% ниже данных Масгроува во всей области энергий. Оцененная кривая лежит выше экспериментальных данных Висхака во всем энергетическом интервале.

На рисунке 9 приводится сравнение экспериментальных данных и оцененной кривой сечения радиационного захвата в области тепловых сечений.

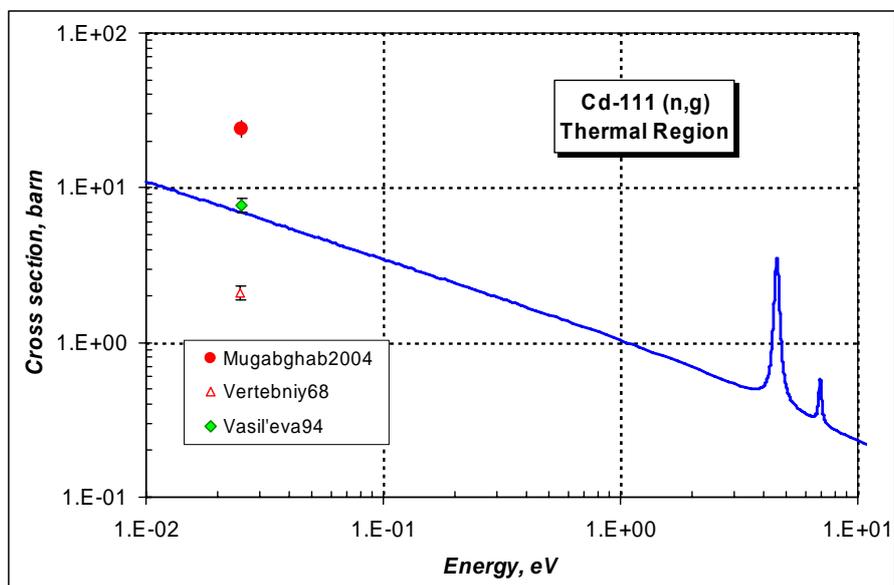


Рисунок 9 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-111 с экспериментальными данными в тепловой области.

Из приведенного на рисунке 9 сравнения видно, что оцененное сечение радиационного захвата согласуется с экспериментом группы Васильевой (1994 г.) и расходится с экспериментом Вертебного (1968 г.) и оцененным значением Мухабхаба (2004 г.)

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секциями MT=28 и 104 с вероятностями образования долгоживущего изомера $^{110}\text{Ag}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Г.

48.6. Кадмий-112

Содержание в естественной смеси 24.13%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J.McCabe, A.V. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 10 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

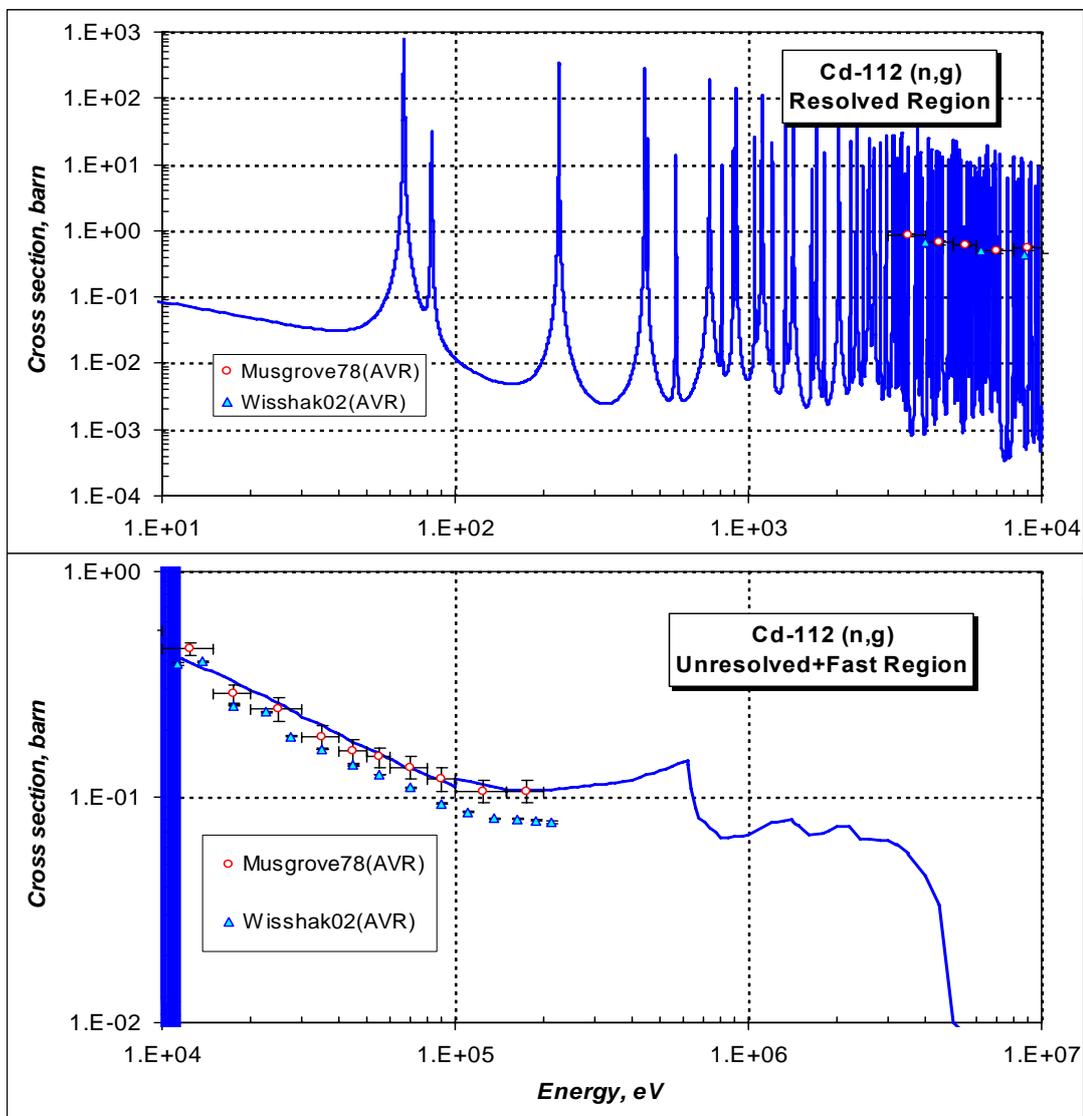


Рисунок 10 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-112 с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 10 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) во всей области энергий и проходит выше экспериментальных данных Висхака (2002 г.) приблизительно на 20-30% .

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секциями MT=32, 102 и 105 с вероятностями образования долгоживущих изомеров $^{110}\text{Ag}^m$ и $^{113}\text{Cd}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003.

Автор рекомендации

Кошечев В.Г.

48.7. Кадмий-113

Содержание в естественной смеси 12.22%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J.McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

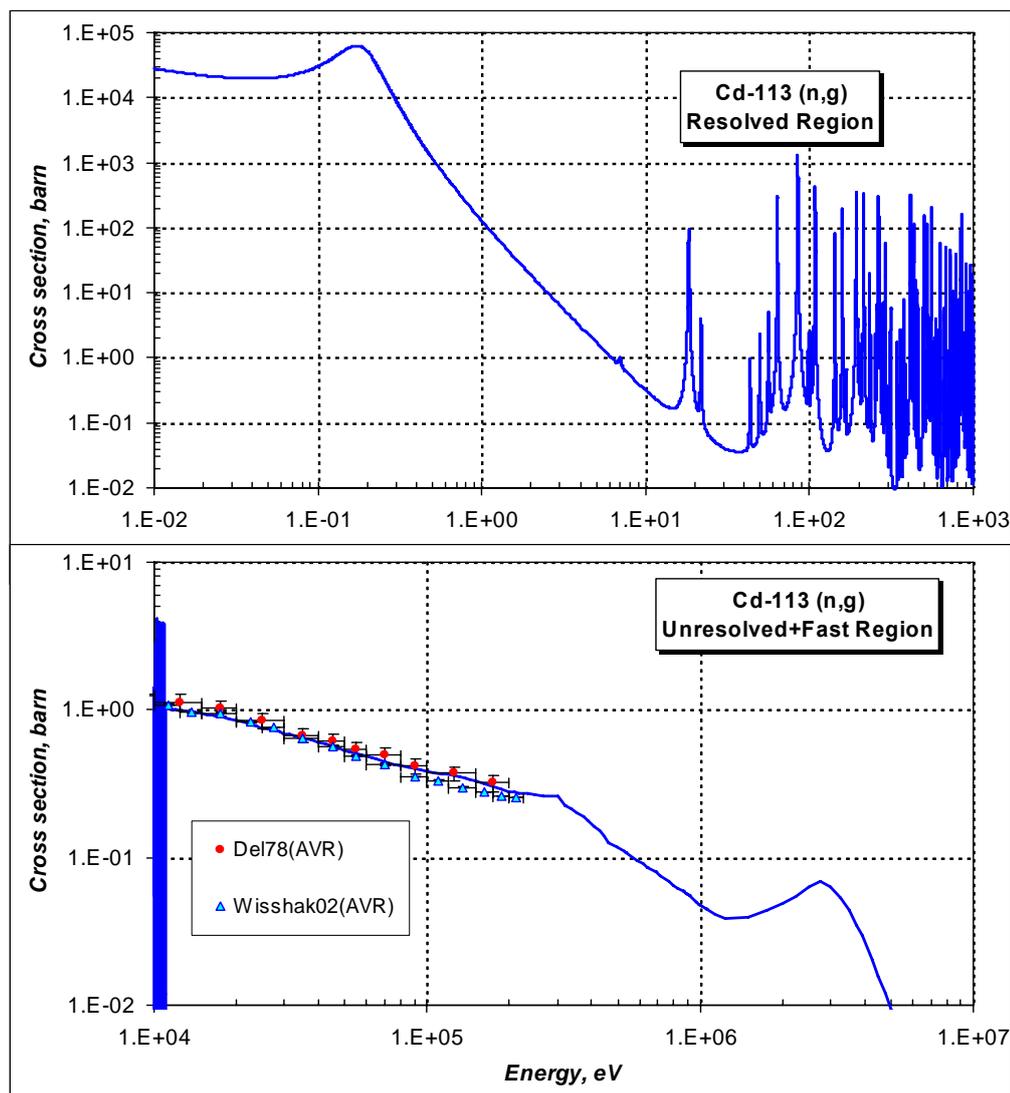


Рисунок 11 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-113с экспериментальными данными.

На рисунке 11 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 11 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) во всей области энергий и проходит выше экспериментальных данных Висхака (2002 г.) приблизительно на 10-15%.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=10 с секцией MT=4 102 и 105 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{113}\text{Cd}^m$, используя данные EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Г.

48.8. Кадмий-113-м

Долгоживущий изомер ($T_{1/2}=14.1$ г.). Испытывая бета-распад превращается в стабильный индий-113.

Заключение

Как следует из раздела 48.1, в РОСФОНД следует принять файл данных из EAF-2003. Сечения образования изомеров, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Включить файл MF=9 с секцией MT=33 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{110}\text{Ag}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003. В файл MF=10 перенести секцию MT=4 из файла MF=3.

Автор рекомендации

Кощев В.Н.

48.9. Кадмий-114

Содержание в естественной смеси 28.73%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J.McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005:

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 12 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

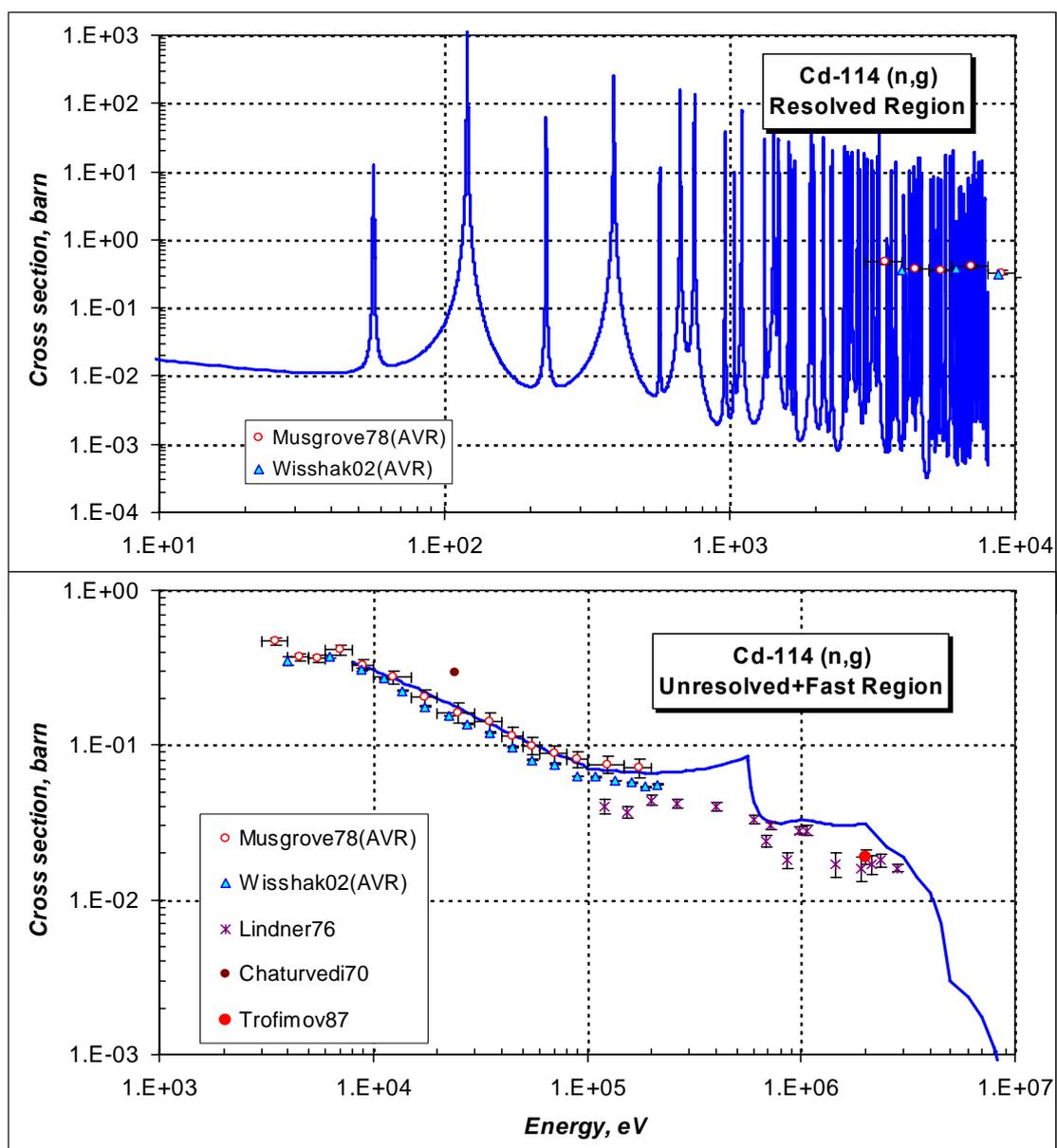


Рисунок 12 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-114 с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 12 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) во всей области энергий и проходит приблизительно на 20-30% выше экспериментальных данных Висхака (2002 г.). Экспериментальные данные Чатурвенди (1970 г.) и Трофимова (1987 г.) лежат ниже оцененной кривой. В целом, совокупность экспериментальных данных указывает на возможное понижение сечения радиационного захвата в области энергий выше 100 кэВ.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секцией MT=102 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{115}\text{Cd}^m$, используя данные EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Г.

48.10. Кадмий-115

Радиоактивен ($T_{1/2}=53.38$ ч.). Испытывая бета-распад превращается в стабильный индий-115.

Заключение

Как следует из раздела 48.1, в РОСФОНД следует принять файл данных из EAF-2003. Сечения образования изомеров, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Включить файл MF=9 с секцией MT=17 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{113}\text{Cd}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003. Файл MF=10 исключить.

Автор рекомендации

Кощев В.Н.

48.11. Кадмий-115-m

Долгоживущий изотоп ($T_{1/2}=44.8$ дн.). Испытывая бета-распад превращается в стабильный индий-115.

Заключение

Как следует из раздела 48.1, в РОСФОНД следует принять файл данных из EAF-2003. Сечения образования изомеров, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Включить файл MF=9 с секцией MT=17 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{113}\text{Cd}^m$, используя информацию из файла MF=10 EAF-2003. В файл MF=10 включить сечение перехода в основное состояние на основе данных EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Н.

48.12. Кадмий-116

Содержание в естественной смеси 7.49%.

В ФОНД-2.2 находится оценка JNDC FP NUCLEAR DATA W.G. (JENDL-3.2);

В JEFF-3.1 – оценка, J.McCabe, A.B. Smith, 1994, на основании данных из ENDF/B-VI rev.4.;

В ENDF/B-VII b2 – оценка международной рабочей группы SWG-23, 2005;

В JENDL-3.3 – модификация оценки JNDC FP NUCLEAR DATA W.G., для версии 3.3, выполненная в 2001 г.

На рисунке 13 сравнивается сечение радиационного захвата из оценки SWG-23 с имеющимися экспериментальными данными.

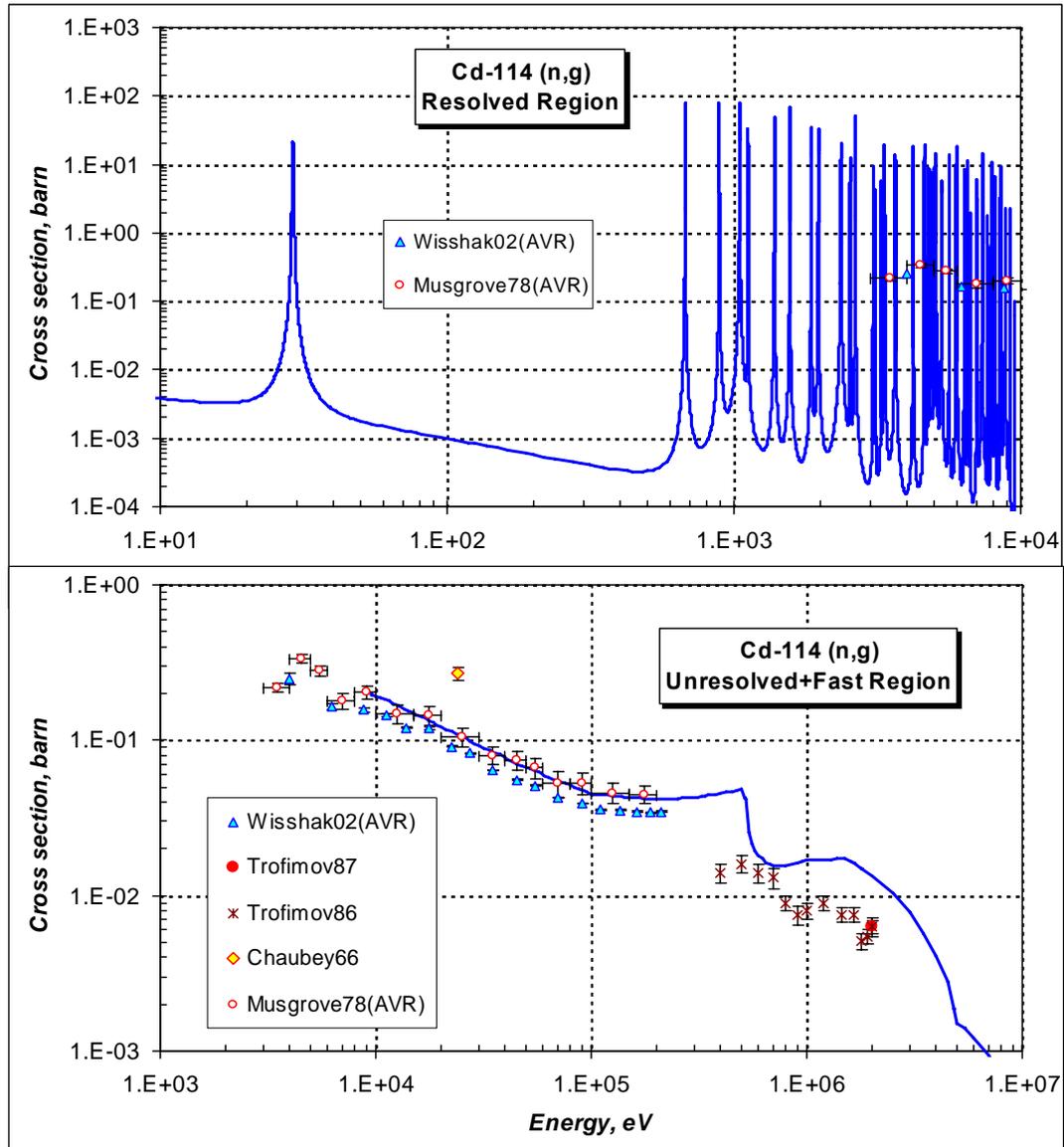


Рисунок 13 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-116 с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 13 сравнения видно, что оцененная кривая хорошо согласуется с экспериментом Масгроува (1978) во всей области энергий и проходит приблизительно на 20-30% выше экспериментальных данных Висхака (2002 г.). Экспериментальные данные Трофимова (1986 г. и 1987 г.) лежат ниже оцененной кривой. В целом, совокупность экспериментальных данных указывает на возможное понижение сечения радиационного захвата в области энергий выше 100 кэВ.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку международной рабочей группы SWG-23 из ENDF/B-VII b2. Включить дополнительно файл MF=9 с секцией MT=16 с вероятностью образования долгоживущего изомера $^{115}\text{Cd}^m$, используя данные EAF-2003.

Автор рекомендации

Кощев В.Г.

48.13. Природный кадмий

Для рассмотренных выше оцененных данных стабильных изотопов кадмия были получены основные нейтронные сечения для природной смеси – полное сечение, сечение радиационного захвата, сечение упругого и неупругого рассеяния нейтронов. Для этого была использована программа MIXER из пакета прикладных программ PREPRO-2002, распространяемый секцией ядерных данных при МАГАТЭ. Ниже, в качестве тестирования основных сечений стабильных 8 изотопов кадмия, проведено сравнение полученных сечений для природной смеси с имеющимися экспериментальными данными.

Для природного кадмия сечение полного взаимодействия промерено сравнительно хорошо. Так на рисунке 14 приводится сравнение оцененного сечения полного взаимодействия в области резонансных энергий от 0.01 эВ до 1 эВ с имеющимися экспериментальными данными.

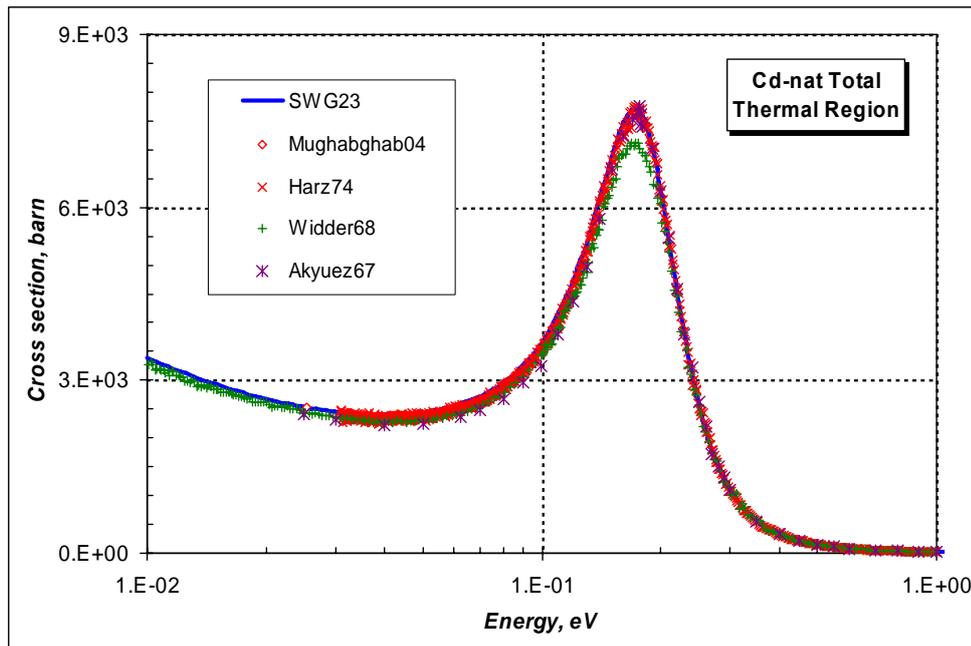


Рисунок 14 – Ход полного сечения Cd-nat в области энергий 0.01 - 10 эВ.

Из приведенного на рисунке 14 сравнения видно, что только оцененное сечение отлично согласуется с имеющимися наборами экспериментальных данных.

На рисунке 15 приводится сравнение оцененного сечения полного взаимодействия в области резонансных энергий от 10 кэВ до 10 МэВ с имеющимися экспериментальными данными. В этой области энергий существует достаточно много экспериментальных работ по измерению полного сечения. Поэтому, чтобы не нагружать рисунок большим количеством экспериментальных точек, сравнение представлено с помощью двух графиков.

Из приведенного на рисунке 15 сравнения видно, что только оцененное сечение хорошо согласуется с имеющимися наборами экспериментальных данных за исключением, быть может, данных группы Сеза, выполненных в 1965 году.

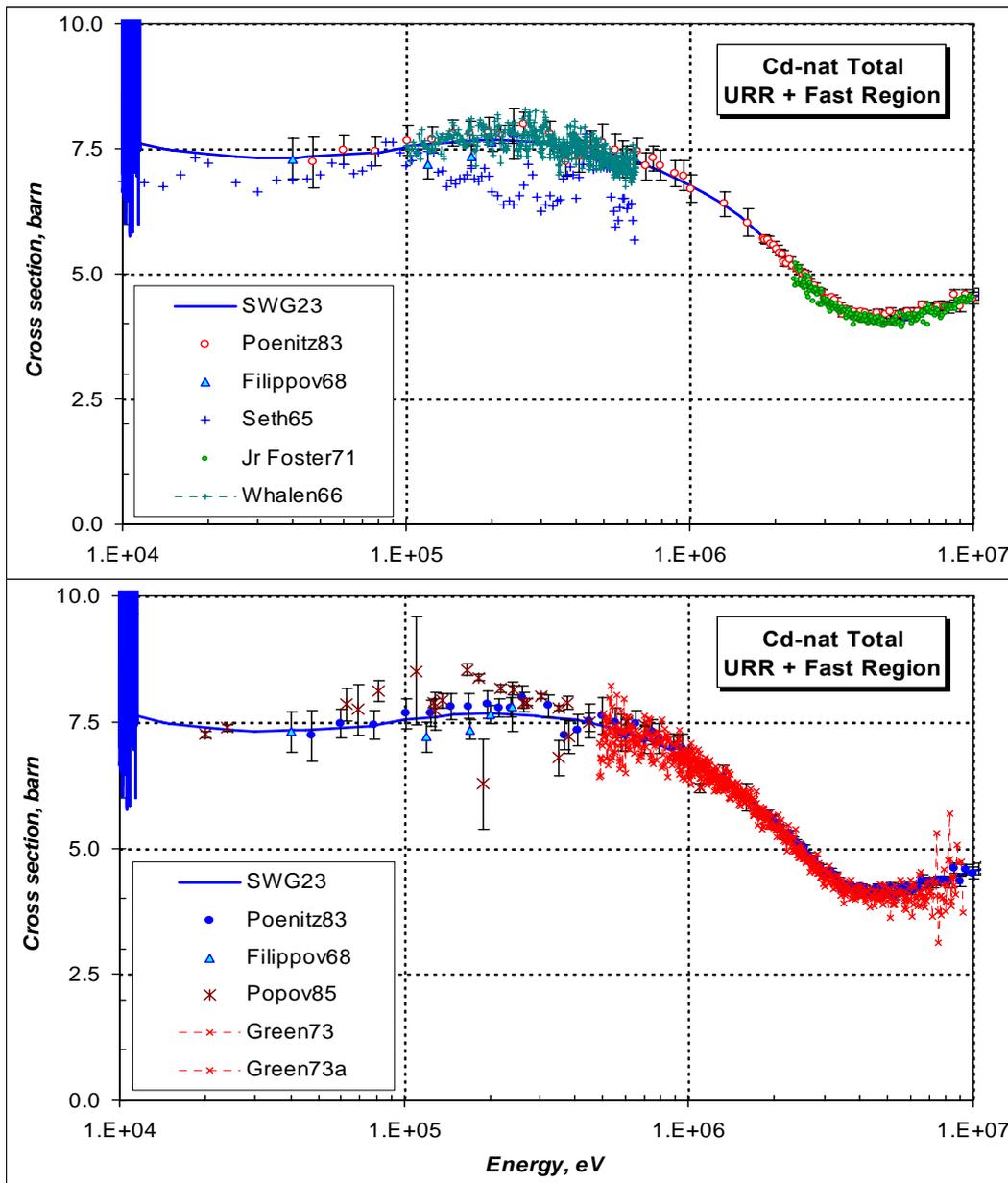


Рисунок 15 – Сравнение полного сечения Cd-nat с экспериментальными данными в области энергий 10 кэВ – 10 МэВ.

Что касается сечения радиационного захвата, то в таблице 2 сравниваются характеристики сечения радиационного захвата нейтронов в тепловой точке, резонансный интеграл. Все значения получены с помощью программы INTER и пакета программ PREPRO-2002.

Таблица 2. Характеристики сечения радиационного захвата Cd-nat.

| Оценка | $\sigma_\gamma(2200)$, кбарн | G-fact | I_γ , барн |
|------------|-------------------------------|--------|-------------------|
| SWG23 | 2.523 | 1.3599 | 65.9 |
| Mughabghab | 2.52 ± 0.05 | - | 66.4 ± 6.6 |

Из приведенной в таблице 2 информации видно, что все оценки сечения радиационного захвата нейтронов согласуются со значениями, рекомендованными в компиляции Мухабхаба (резонансный интеграл для компиляции Мухабхаба получен путем сложения соответствующих величин для стабильных изотопов).

В области энергий выше 10 кэВ сечение захвата промерено не так подробно, как сечение полного взаимодействия, но, тем не менее, имеется достаточно много экспериментальных измерений.

На рисунке 16 приводится сравнение оцененных сечений радиационного захвата на природном кадмии с доступными экспериментальными данными.

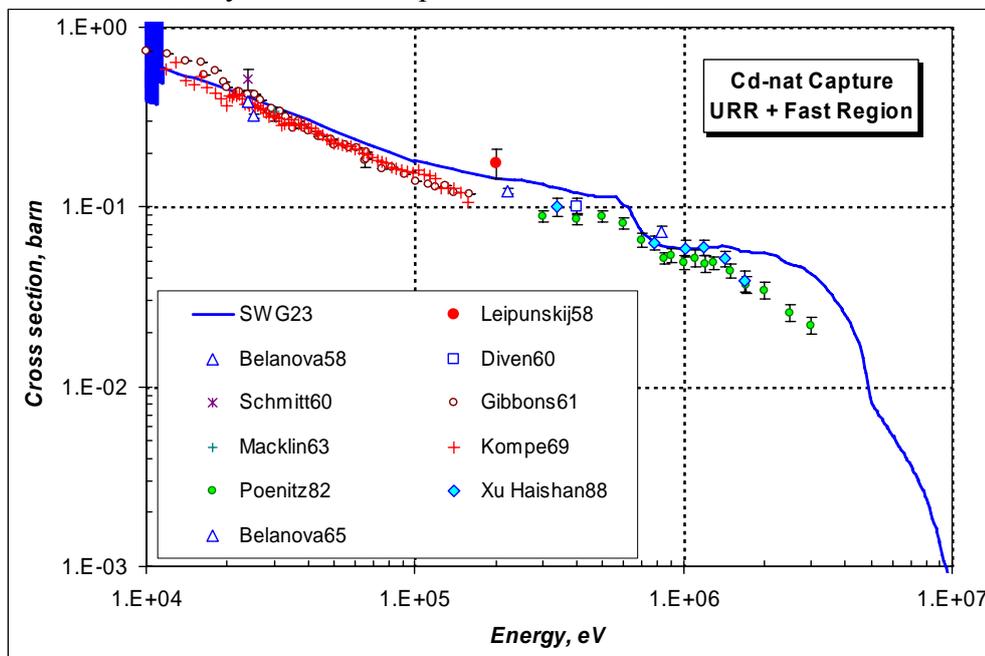


Рисунок 16 - Сравнение оцененного сечения радиационного захвата нейтронов на Cd-nat с экспериментальными данными в области энергий выше 10 кэВ.

Из приведенного на рисунке 16 сравнения видно, что оцененное сечение радиационного захвата, в целом, лежит выше всей совокупности экспериментальных данных. Не вдаваясь в подробности анализа согласованности оцененной кривой с экспериментальными наборами данных, следует отметить, что совокупность всей экспериментальной информации указывает на тенденцию к понижению сечения захвата. В связи с этим обстоятельством, вспомним, что и для стабильных изотопов экспериментальные данные Висхака (2002 г.) указывали на тенденцию к понижению сечения радиационного захвата в области энергий выше 10 кэВ.

Сечение упругого рассеяния на природном кадмии промерено довольно хорошо, хотя не так подробно, как это сделано для полного сечения и сечения радиационного захвата. Имеется достаточно большое количество экспериментальных измерений различных групп, по измерениям которых можно судить о надежности оцененного сечения. Так на рисунке 17 приводится сравнение оцененного сечения упругого рассеяния в области энергий от 10 кэВ до 10 МэВ с имеющимися экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 17 сравнения видно, что оцененное сечение упругого рассеяния, в целом, хорошо согласуется с имеющимися экспериментальными данными. Отметим, также, что экспериментальные данные Смита (1994 г.) в библиотеки EXFOR, вероятно находятся с ошибкой. Их значения нам пришлось увеличить ровно на порядок с тем, чтобы они отражали общую величину сечения упругого рассеяния в области энергий 5 – 6 МэВ.

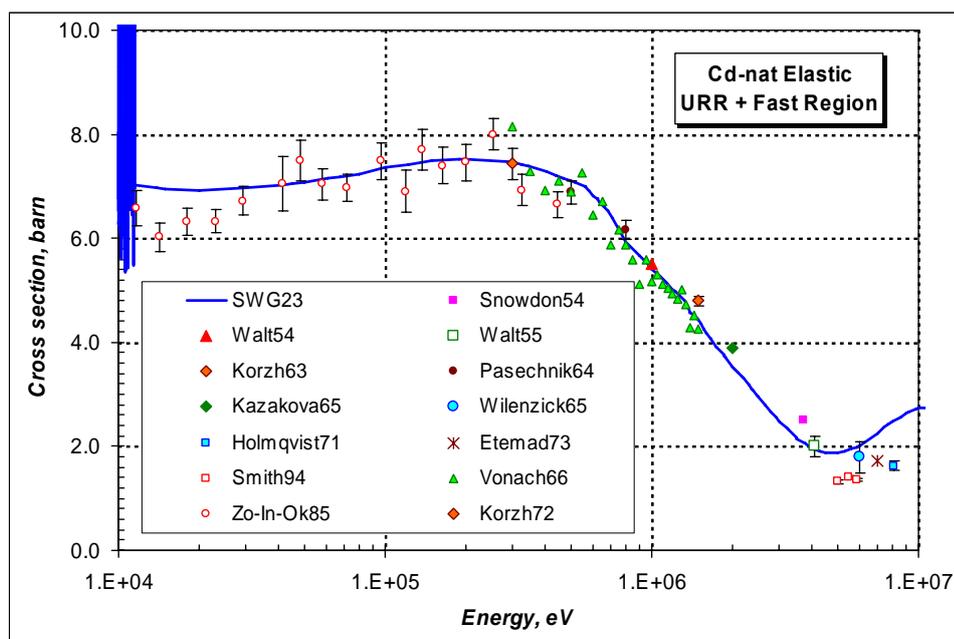


Рисунок 17 – Сравнение сечения упругого рассеяния на Cd-nat с экспериментальными данными в области энергий 10 кэВ – 10 МэВ.

В области энергий выше 200 кэВ с сечением упругого рассеяния и сечением радиационного захвата начинает конкурировать сечение неупругого рассеяния. Экспериментальных данных по измерению сечения неупругого рассеяния намного меньше, чем для вышерассмотренных сечений. На рисунке 18 приводится сравнение оцененного сечения неупругого рассеяния нейтронов на Cd-nat с немногочисленными экспериментальными данными.

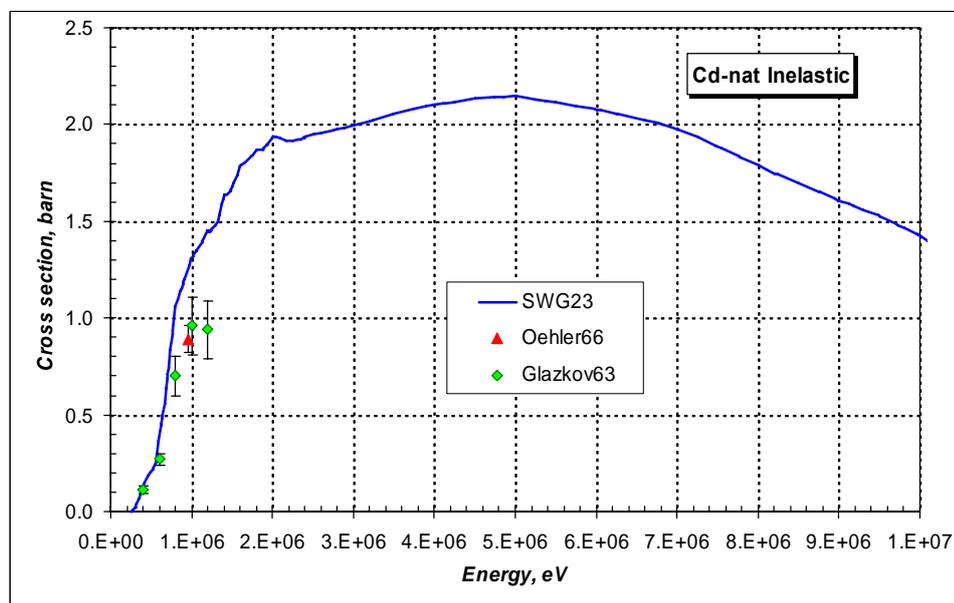


Рисунок 18 – Сравнение сечения неупругого рассеяния на Cd-nat с экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 18 сравнения видно, что экспериментальных данных недостаточно, чтобы оценить надежность оцененного сечения. Однако, можно сказать точно, что в области энергий порядка 1 МэВ экспериментальные данные лежат ниже оцененной кривой.

Из проведенного рассмотрения следует, что имеются резервы для повышения точности оценки сечений изотопов кадмия. При возможности эти резервы следует использовать.