

# 59.ПРАЗЕОДИМ

## 59.1. Празеодим-141

Стабильный изотоп (содержание в природной смеси=100%).  
Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами  $4.439 \cdot 10^{-2}$ .

Имеется три полных набора нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка Группелаара и Менапаса (H Gruppelaar, E. Menapace), 1982г.;  
оценка японской рабочей группой по продуктам деления, включенная в JENDL-3.3 и со значительными коррекциями в области резонансных энергий принятая в 2005 г., и для библиотеки ENDF/B-VII оценка выполнена подгруппой 23 международной рабочей группы по оценке нейтронных данных.

### Область разрешенных резонансов.

Ниже в таблице 1 приводятся значения полного сечения, сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла, посчитанных по программе INTER:

Таблица 1 – Сравнение резонансных свойств Pr-141.

	$\sigma_t(0.0253 \text{ eV})$	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	$RI_c$
ENDF/B-VII	14.22 барн	11.51 барн	17.8 барн
JENDL-3.3	14.05 барн	11.50 барн	18.3 барн
JEFF-3.1	14.08 барн	11.48 барн	17.9 барн
Мухабхаб		$11.5 \pm 0.3$ барн	$17.4 \pm 2.0$ барн

Как видим из приведенных в таблице 1 данных, наблюдается разительное согласие оцененных и рекомендованных значений теплового сечения радиационного захвата нейтронов. Что касается резонансного интеграла, то значение из JENDL кажется несколько завышенным. Это, однако, относится к оценке резонансных параметров связанных состояний первых резонансных уровней.

На рисунке 1 показана нарастающая сумма резонансных уровней s-уровней, а на рисунке 2 показана аналогичная зависимость для p-волны.

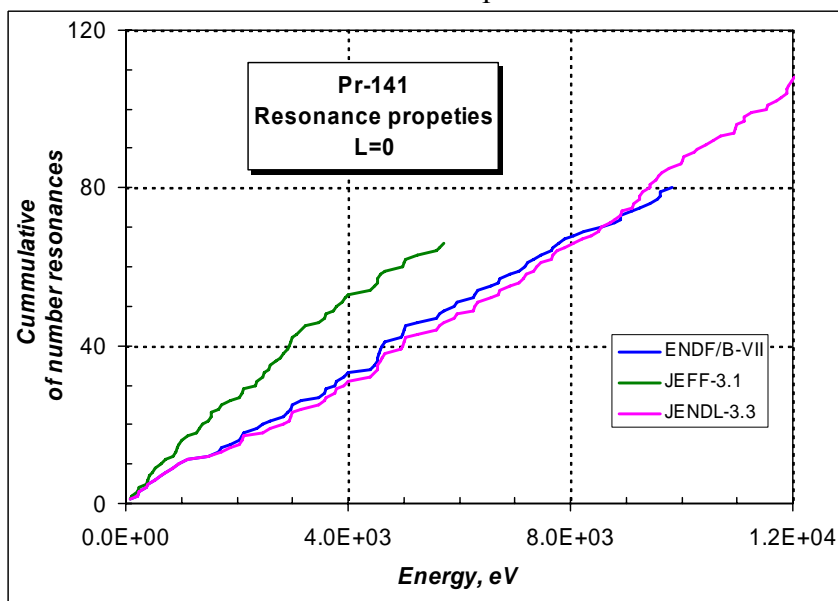


Рисунок 1 – Нарастающая сумма s-резонансов( $l=0$ ) для различных оценок.

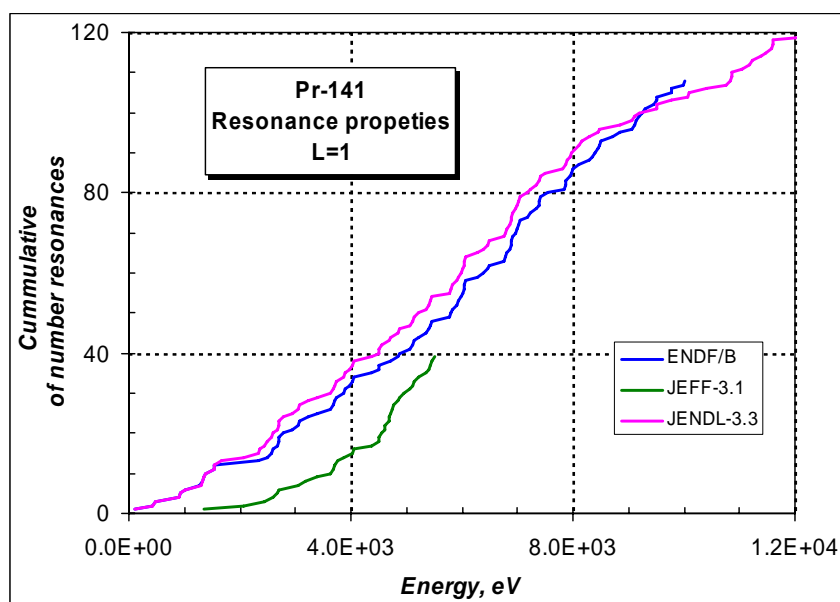


Рисунок 2 – Нарастающая сумма р-резонансов ( $l=1$ ) для различных оценок.

Из приведенного на рисунках 1 и 2 сравнения видно, что оценки ENDF/B-VII и JENDL-3.3 исходят из одного и того же источника данных о резонансных уровнях Pr-141, но идентифицируют резонансные уровни по-разному. Оценка JEFF-3.1 сильно проигрывает вышеупомянутым оценкам.

Посчитаем плотность резонансов в двух равных энергетических интервалах от 0-5 кэВ и от 5-10 кэВ и в третьем интервале выше 10 кэВ. Результаты приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение плотности резонансных уровней Pr-141.

	<b>0 - 5 кэВ</b>	<b>5 - 10 кэВ</b>	<b>выше 10 кэВ</b>
ENDF/B-VII	83 рез.	104 рез.	1 рез.
JENDL-3.3	86 рез.	103 рез.	59 рез.
JEFF-3.1	90 рез.	15 рез.	-

Как видим, плотность резонансов в первом интервале приблизительно одинакова для всех трех оценок, во втором интервале плотность одинакова для двух оценок, а в третьем интервале в оценке JENDL находится приемлемое число резонансов (верхняя граница – 13.226 кэВ).

Таким образом, из приведенного выше сравнения, следует, что целесообразно в РОСФОНД принять оценку резонансных параметров из JENDL-3.3, откорректировав резонансные параметры для первых связанных состояний резонансных уровней.

### Область неразрешенных резонансов.

Область неразрешенных резонансов для перечисленных оценок следующая:

	нижняя граница, (кэВ)	верхняя граница, (кэВ)
ENDF/B-VII	10.06	146.47
JENDL-3.3	13.23	100.0
JEFF-3.1	5.77	300.0

Энергетическая зависимость оцененного сечения захвата в области энергий от 10 кэВ до 1 МэВ показана на рисунке 3.

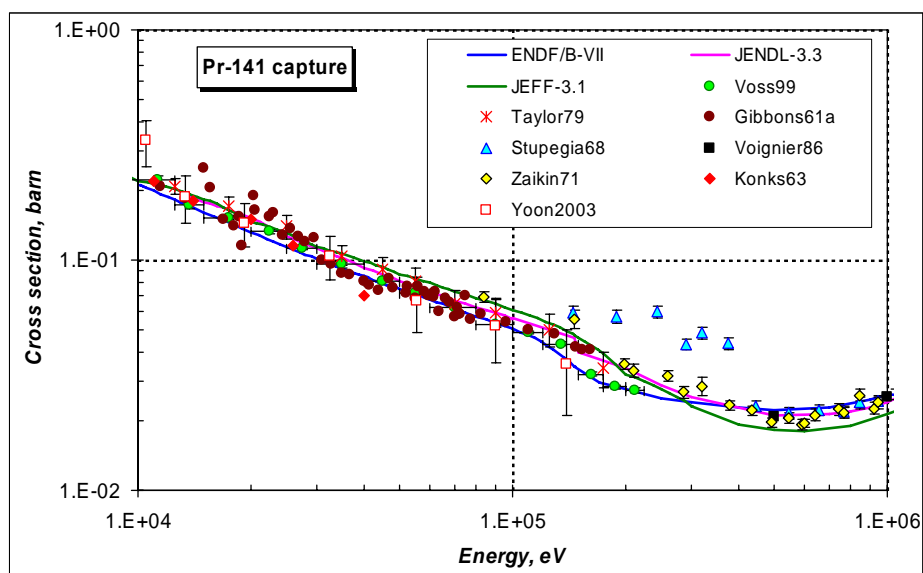


Рисунок 3. Сечение захвата Pr-141 в области энергий 10 кэВ-1 МэВ.

Из приведенного на рисунке 3 сравнения видно, что оценка ENDF/B-VII проведена, опираясь главным образом на эксперимент Восса (1999 г.), а экспериментальные данные Юна (2003) подтверждают эту оценку. Оценка JEFF выглядит наименее обоснованной.

На рисунке 4 приведены оцененные полные сечения в сравнении с имеющимися экспериментальными данными. Видно, что только оценка JEFF описывает всю совокупность экспериментальных данных, в то время, как оценки ENDF/B и JENDL завышены в области неразрешенных резонансов.

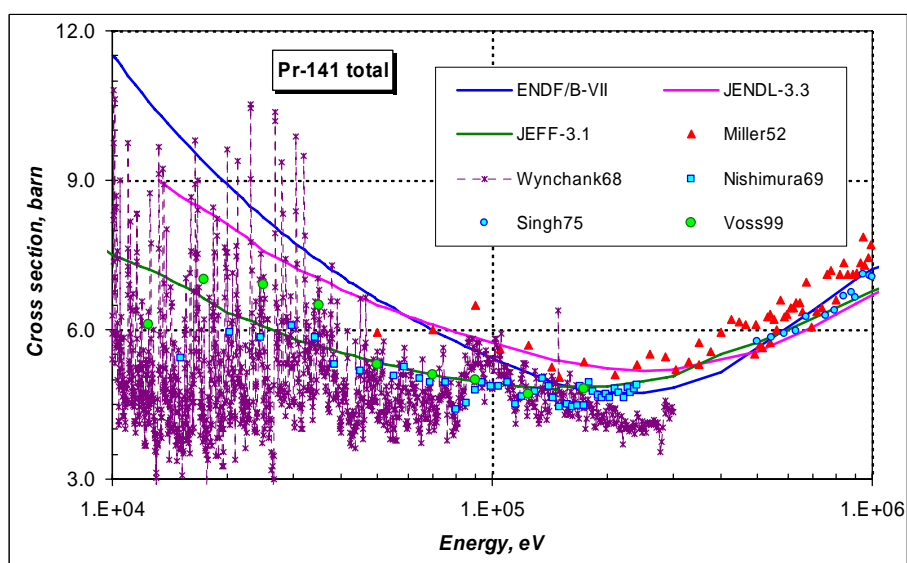


Рисунок 4. Полное сечение Pr-141 в области энергий 10 кэВ – 1 МэВ.

### Выводы

Наиболее перспективной оценкой параметров разрешенных резонансов является набор из JENDL-3.3, но и оценка ENDF/B-VII до 10 кэВ является равнозначной.

В области неразрешенных резонансов нет удовлетворительной оценки средних резонансных параметров. Но, учитывая тот факт, что оценка сечения радиационного захвата Pr-141 является наиболее важной (поскольку Pr-141 входит в первую двадцатку наиболее значимых продуктов деления), наиболее привлекательной является оценка ENDF/B-VII.

### Область гладких сечений.

На рисунке 5 показано сечение радиационного захвата нейтронов Pr-141 в области энергий выше 100 кэВ.

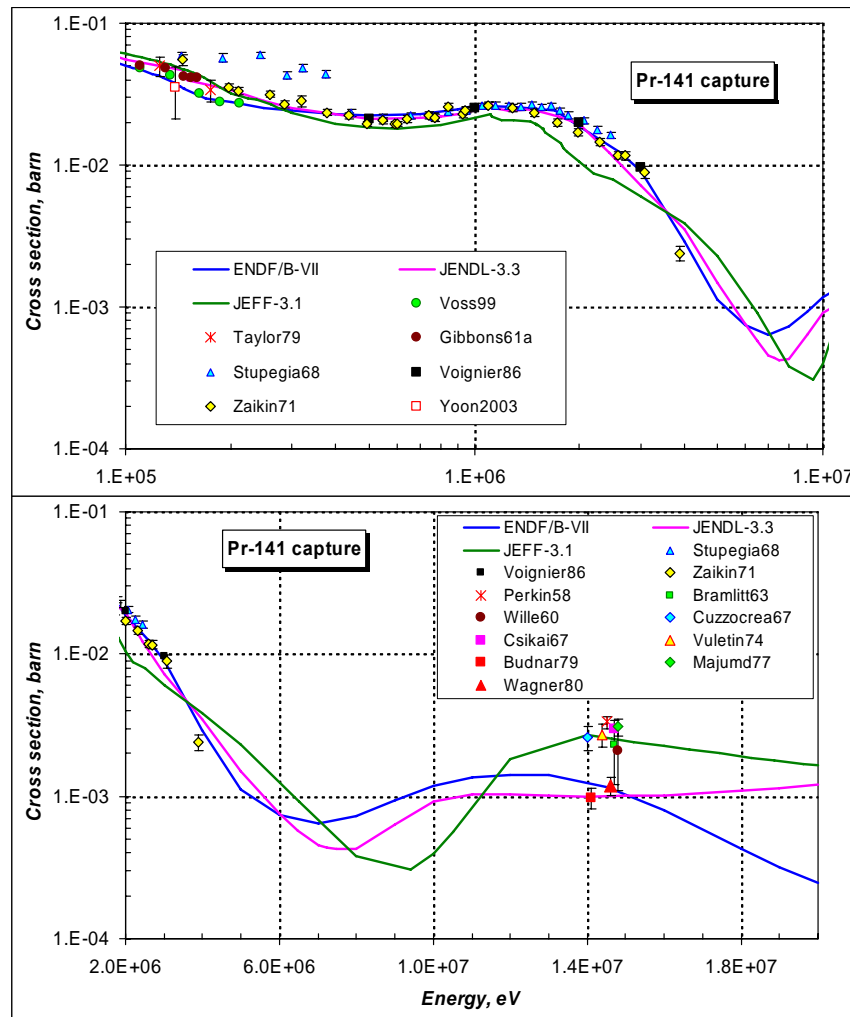


Рисунок 5. Сечение захвата Pr-141 в области энергий выше 100 кэВ.

Из приведенного на рисунке 5 сравнения видно, что и в этой области энергий в оценке ENDF/B-VII уделялось достаточное внимание согласованности оцененного сечения с последними наиболее свежими экспериментальными данными. Следует также отметить, что JENDL-3.3 является равнозначной и не уступает по надежности оценке сечения радиационного захвата из ENDF/B-VII.

На рисунке 6 приводится сравнение полного сечения взаимодействия Pr-141 в области энергий выше 100 кэВ с имеющимися экспериментальными данными.

Из приведенного на рисунке 6 сравнения видно, что оценка ENDF/B наилучшим образом согласуется с имеющейся совокупностью экспериментальных данных. Оценка JENDL завышена в области энергий 100-400 кэВ и занижена в области энергий 0.7-3.0 МэВ.

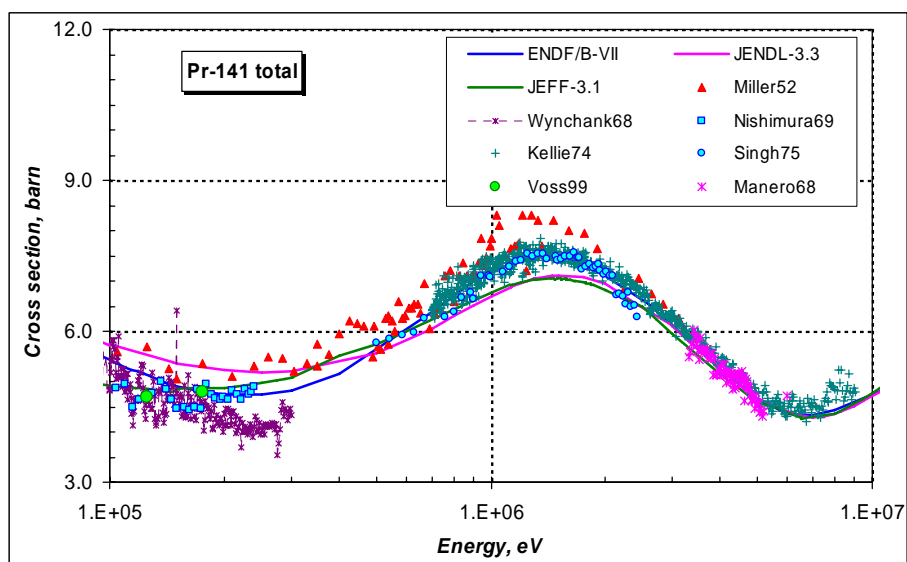


Рисунок 6. Полное сечение Pr-141 в области энергий выше 100 кэВ.

На рисунке 7 показано сравнение оцененных сечений неупругого рассеяния нейтронов с имеющимися немногочисленными экспериментальными данными.

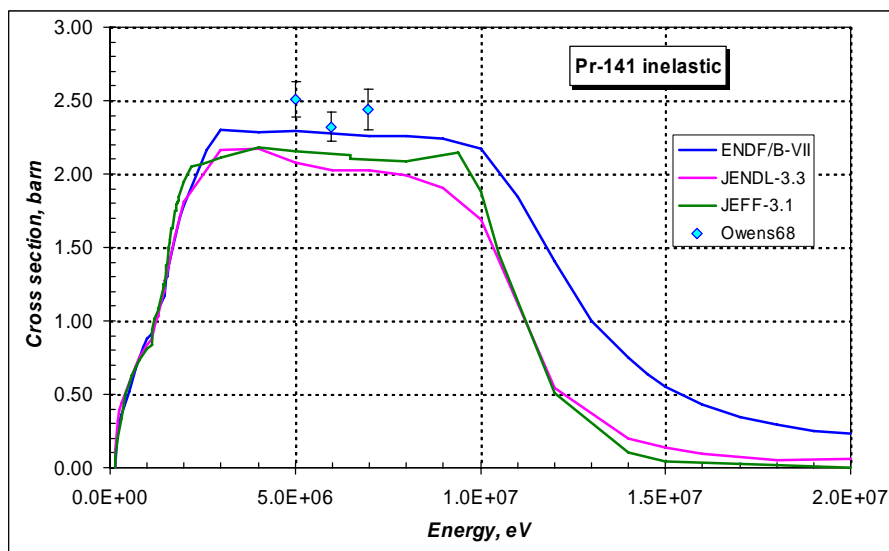


Рисунок 7. Сечение неупругого рассеяния нейтронов Pr-141.

Из приведенного на рисунке 7 сравнения видно, что оценка ENDF/B-VII лучше других согласуется с экспериментом Оуэна (1968 г.).

На рисунке 8 показано сравнение сечений образования вторичных нейтронов в результате реакций (n,2n) и (n,3n). Для реакции (n,2n) имеется большое количество экспериментальных измерений. Последние измерения выполненные, главным образом, японскими экспериментаторами указывают на тенденцию понижения сечения в области порога реакции. Этой тенденции наиболее соответствует оценка ENDF/B-VII. Заметим, что, и оценка EAF2003 хорошо согласуется с экспериментом как для описания сечения реакции (n,2n), так и для описания сечения реакции (n,3n).

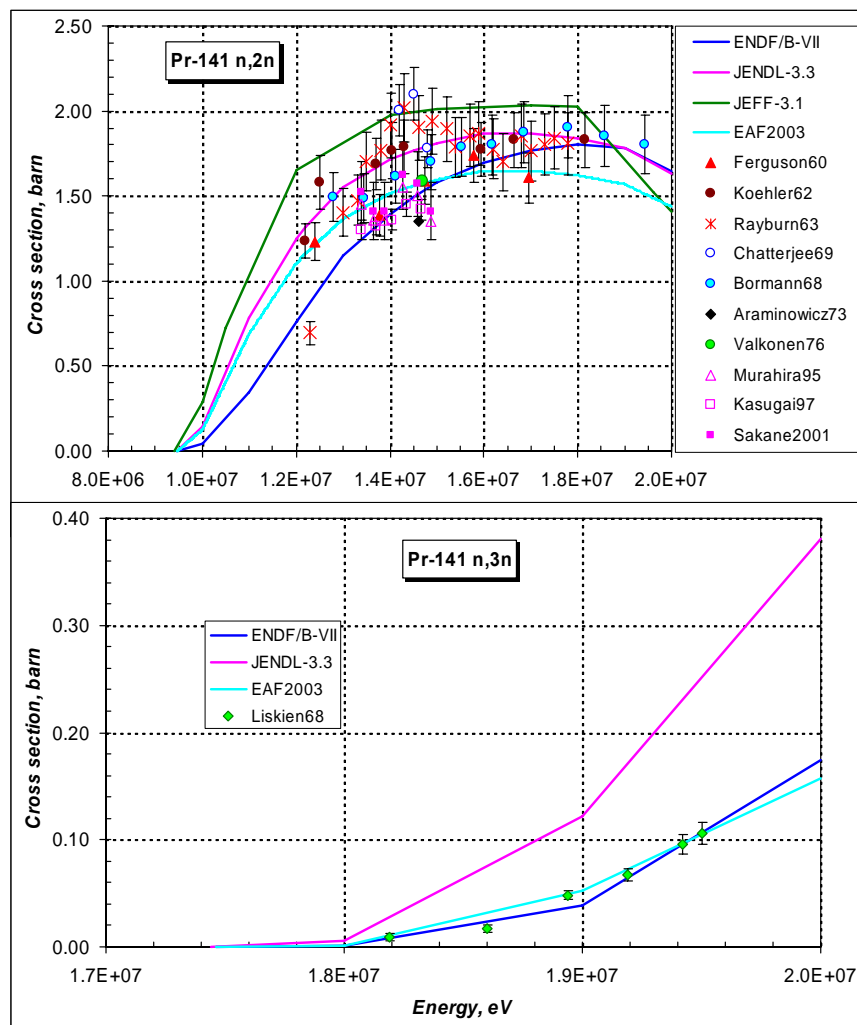


Рисунок 8. Сечение реакций (n,2n) и (n,3n) на Pr-141.

## Заключение

**Рекомендуется принять в РОСФОНД оцененные нейтронные данные из библиотеки ENDF/B-VII.**

В дальнейшем, существует насущная потребность в переоценке принятых средних резонансных параметров с тем, чтобы наряду с корректным описанием сечения захвата, полное сечение в этой области энергий описывалось в согласии с имеющимися экспериментальными данными.

Имеется так же возможность расширить область разрешенных резонансов до энергии  $\sim 13$  кэВ.

**Автор заключения**

Кошцев В.Н..

## 59.2. Празеодим-143

Радиоактивен ( $T_{1/2}=13.57$  дн.). Путем бета-распада превращается в самарий-148.

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами  $4.023 \cdot 10^{-2}$ .

Имеется три полных набора нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка Группелаара и Менапаса (H Gruppelaar, E Menapace, 1982г. ); оценка японской рабочей группой по продуктам деления, включенная в JENDL-3.3 и с ничтожными коррекциями принятая в 2005 г., и для библиотеки ENDF/B-VII оценка выполнена подгруппой 23 международной рабочей группы по оценке нейтронных данных на основе оценки из JENDL-3.3.

В таблице 3 приводятся значения оцененных сечений захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла, а так же немногочисленные имеющиеся экспериментальные данные и оценка Мухабхаба:

Таблица 3 – Сравнение резонансных свойств Pr-143.

	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	$RI_c$
ENDF/B-VII	89.9 барн	131.4 барн
JENDL-3.3	90.0 барн	222.4 барн
JEFF-3.1	89.0 барн	195.6 барн
Мухабхаб-84	$90 \pm 10$	$190 \pm 25$ барн
Roy et al (1959)	$89 \pm 10$	$190 \pm 25$ барн

Из приведенной в таблице 3 информации видно, что различие наблюдается только для резонансного интеграла из оценки ENDF/B.

На рисунке 9 сравниваются оцененные энергетические поведения сечения захвата. Видно, что оценка ENDF/B выгодно отличается от других тем, что в ней присутствует область разрешенных резонансов. Оценка резонансных параметров для шести уровней в ней выполнена на основе единственного эксперимента Ануфриева и др. (1980 г.).

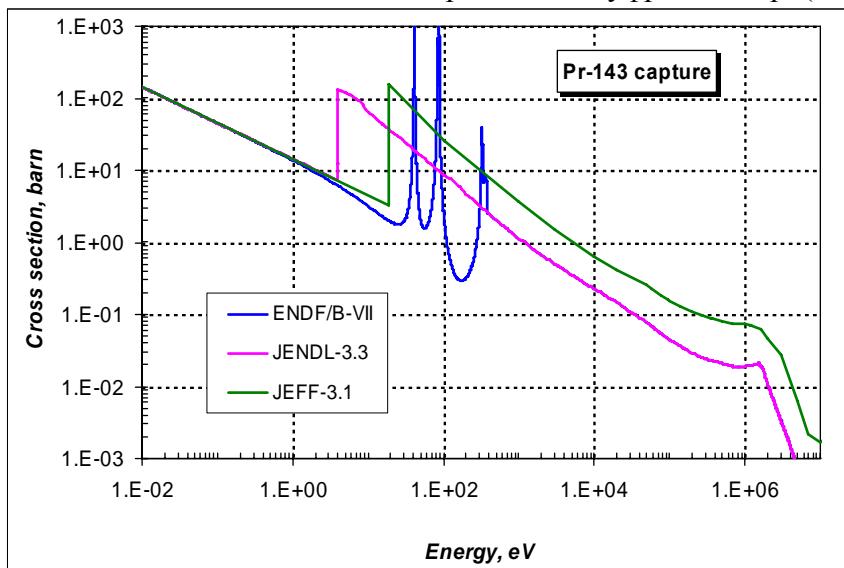


Рисунок 9. Сечение радиационного захвата Pr-143.

Выше 375 эВ оценка ENDF/B совпадает с оценкой JENDL. Поскольку радиационная ширина резонансных уровней намного меньше нейтронной ширины, имеется большая вероятность переоценки резонансных параметров для первых связанных уровней с тем, что бы описать не только тепловое сечение, но резонансный интеграл.

На рисунке 10 показано сравнение полного сечения взаимодействия Pr-143, а на рисунке 11 представлено сечения неупругого рассеяния нейтронов Pr-143.

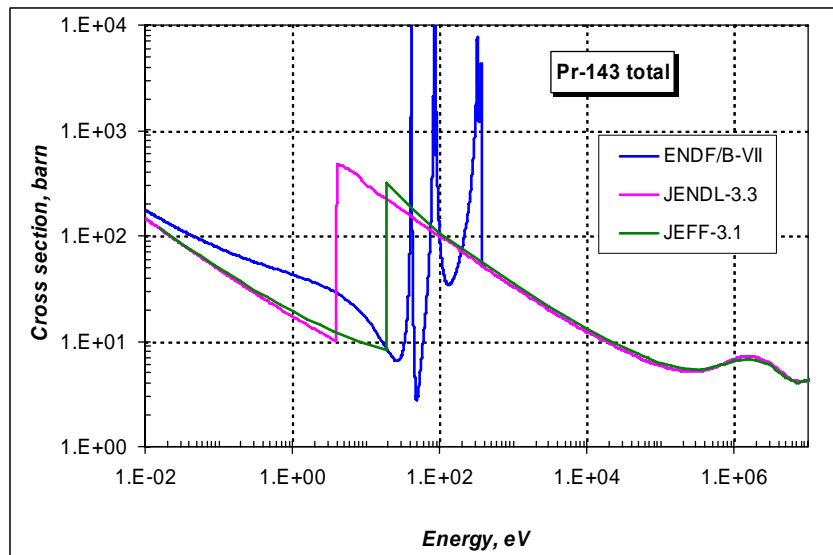


Рисунок 10. Полное сечение Pr-143.

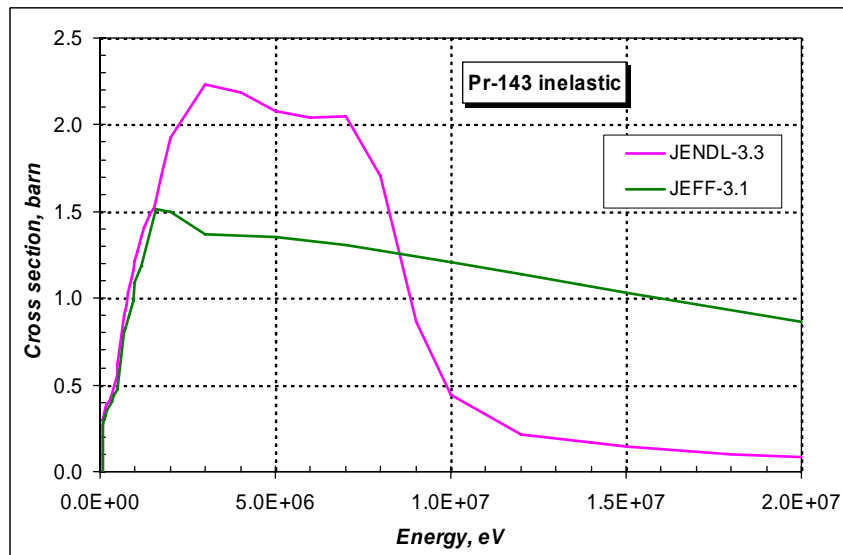


Рисунок 11. Сечение неупругого рассеяния нейтронов Pr-143.

Сравнение основных оцененных сечений позволяет отдать предпочтение оценке ENDF/B-VII, которая выгодно отличается от других наличием области разрешенных резонансов.

### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из ENDF/B-VII.

В дальнейшем переоценить резонансные параметры для связанных уровней с тем, чтобы расчетный резонансный интеграл не противоречил экспериментальному значению.

### Автор рекомендации

Кощев В.Н.