

17.ХЛОР

В ФОНД-2.2 содержится полная оценка данных для натурального хлора (М.Н.Николаев и др., 1990) и оценки нейтронных сечений для двух стабильных изотопов и радиоактивного хлора-36.

В ENDF/B-VII содержатся данные как для природного хлора (оценка M.Allen, M.Drake, 1967), так и для стабильных изотопов – Cl-35 и Cl-37. Оценки для последних выполнены R.Sayer, K. Guber, L.Leal и N.Larson с использованием новых измерений на ускорителе ОРЕЛА, позволивших распространить область разрешенных резонансов до 1.2 МэВ. Данные для области разрешенных резонансов представлены, однако, в файле MF=3 в секциях MT=1, 2, 102, 103 и 107. Это связано с тем, что стандартные процедуры не позволяют рассчитывать сечения реакций с вылетом заряженных частиц по резонансным параметрам.

В JEFF-3.1 приняты данные из ENDF/B-VII

В JENDL-3.3 приняты оценки Т. Watanabe (1994), в которых область разрешенных резонансов простирается лишь до 200 кэВ.

17.1. Хлор-35

Содержание в естественной смеси -75.77%.

В таблице 1 проводится сравнение тепловых сечений и резонансного интеграла захвата с данными, рекомендованными Мухабхабом¹.

17.1.1. Сравнение тепловых сечений

Таблица 1. Сравнение тепловых сечений и резонансных интегралов.

Величина	JENDL-3.3	ENDF/B-VII	Мухабхаб ²
σ_t	64.2	65.13	
σ_e	20.6	20.98	20.6±0.3
σ_γ	43.6	43.67	43.6±0.4
σ_p	0.489	0.481	0.489±0.014
σ_α	8E-5	8E-5	8E-5±4E-5
RI_γ	17.8	17.94	18±2
RI_p		0.473	

Как видно, данные обоих файлов хорошо согласованы между собой и с оценкой Мухабхаба.

17.1.2. Сечения вне резонансной области

На рис.1 сравниваются оценки полного сечения вне резонансной области. Как видно, они совпадают практически везде, кроме области выше 19 МэВ, где имеются небольшие расхождения.

На рис.2 оцененные данные по сечению реакции (n,2n) сравниваются с имеющимися экспериментальными данными. Заметим, что хлор-34 в этой реакции может образовываться как в основном состоянии, имеющем период полураспада всего 1.53 сек, так и в метастабильном состоянии, имеющем период полураспада 32 мин. На рис. 2 экспериментальные данные, в которых измерялось сечение образования ядра-продукта в изомерном состоянии, изображены сплошными точками, а результаты измерений сечения

¹ Mughabghab S.F. Atlas of neutron Resonances. Resonance Parameters and Thermal Cross Sections. ELSEVIER, 2006.

образования короткоживущего основного состояния – крестами. Как видно, разброс результатов измерений последнего типа весьма велик. Тем не менее, ясно. Что вероятность образования изомера заметно меньше единицы, откуда можно заключить, что оценка сечения реакции $(n,2n)$ в ENDF/B-VII, опирающаяся, видимо, на данные Фесслера, занижена. Оценка JENDL-3.3 представляется более реалистичной.

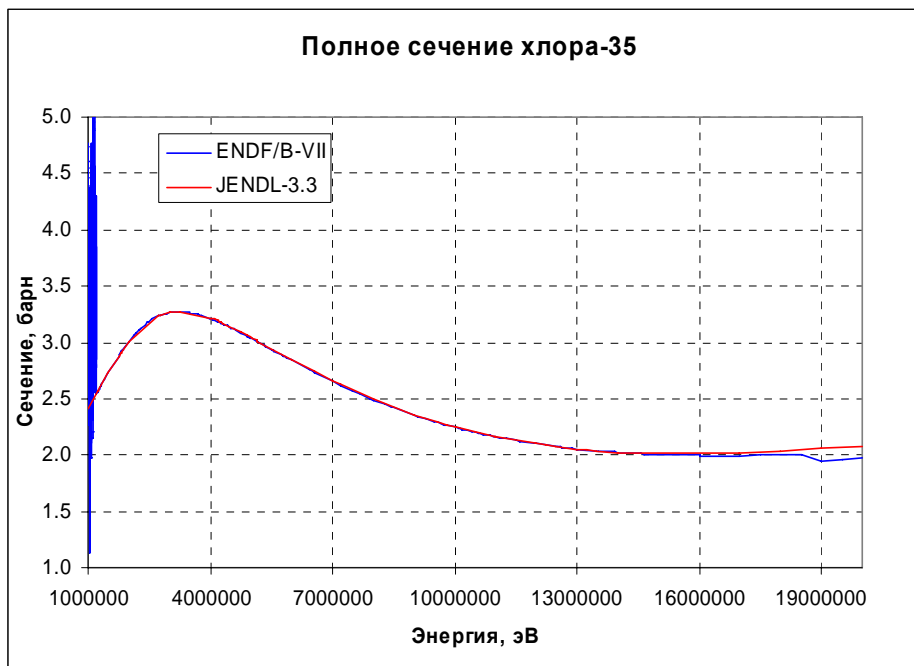


Рис.1. Полное сечение хлора-35

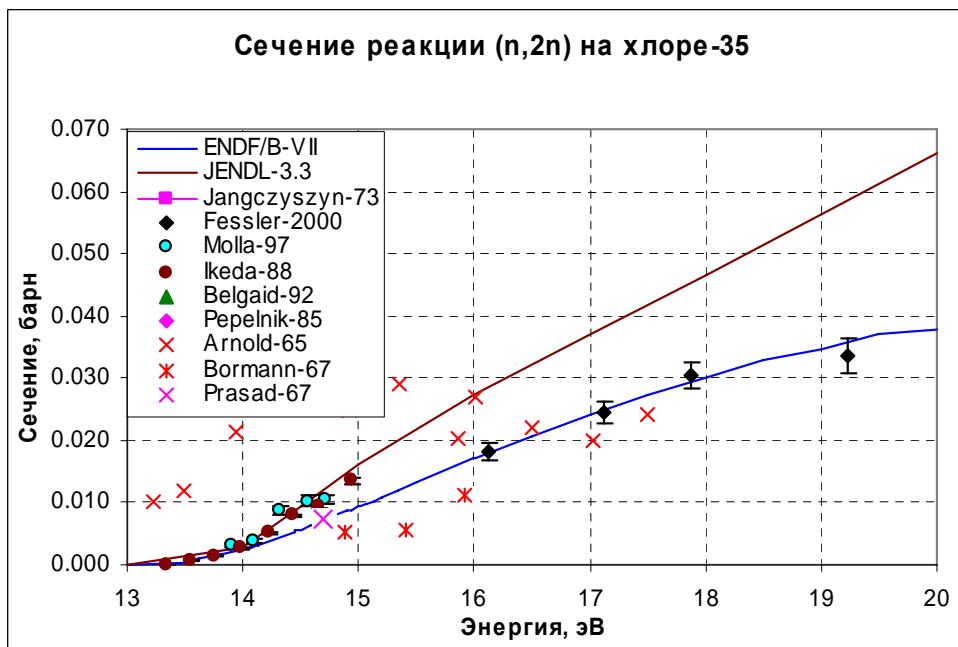


Рис.2. Сечение реакции $(n,2n)$

На рис.3 оценки сечения реакции (n,p) сравниваются между собой и с экспериментальными данными. Обе оценки в равной степени с ними согласуются. На рис. 4 проводится такое же сравнение для области низких энергий, где сечение определяется узким резонансом. Видно, что и новейшие экспериментальные данные не позволяют его разрешить. Сечения в этой области оценены на основе резонансных параметров.

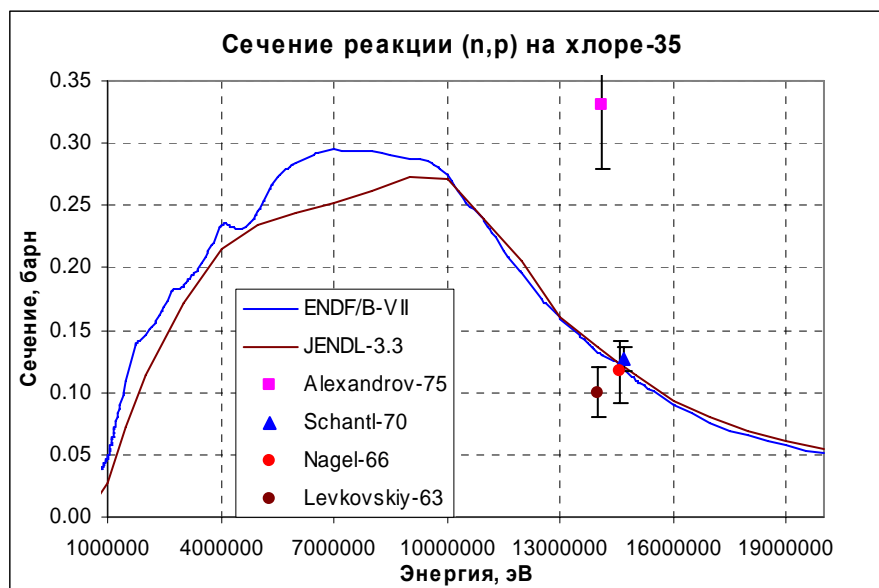


Рис.3. Сечение реакции (n,p) при высоких энергиях.

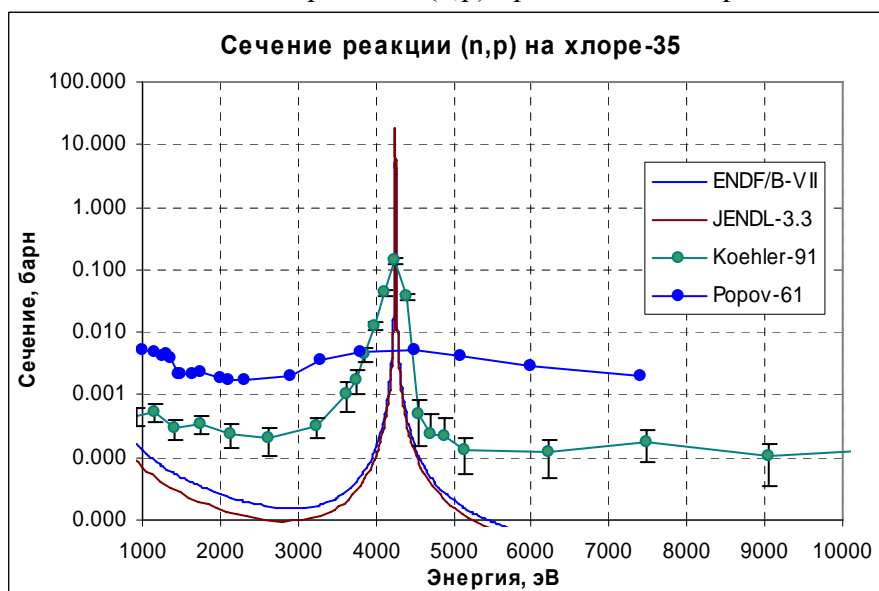


Рис.4. Сечение реакции (n,p) в области резонанса. Следует обратить внимание на логарифмический масштаб по оси сечений.

Наконец, на рис.5 сравниваются оценки сечения реакции (n, α). В этом случае более соответствует экспериментальным данным оценка ENDF/B-VII.

17.1.3. Энерго-угловые распределения вторичных нейтронов и гамма-квантов.

Эти данные содержатся в обеих сравниваемых оценках. Экспериментальных данных для выбора более достоверной оценки не имеется.

Заключение

В РОСФОНД принята оценка R.Sayer, K. Guber, L.Leal и N.Larson (2003г) – ENDF/B-VII., в которой оценка сечений в области разрешенных резонансов представляется более надежной.

Автор заключения
Николаев М.Н.

17.2. Хлор-36

Радиоактивен. Испытывает бета-распад в аргон-36 и распад в серу-36 (испускание позитронов или захват орбитального электрона) ($T_{1/2}=3 \cdot 10^5$ лет).

Полных наборов оцененных нейтронных данных для этого радионуклида нет ни в одной библиотеке.

Заключение

В РОСФОНД принята оценка из EAF-2003.

Автор заключения

Николаев М.Н.

17.3. Хлор-37

Содержание в естественной смеси -24.23%.

В таблице 2 проводится сравнение тепловых сечений и резонансного интеграла захвата с данными, рекомендованными Мухабхаб².

17.1.1. Сравнение тепловых сечений

Таблица 2. Сравнение тепловых сечений и резонансных интегралов.

Величина	JENDL-3.3	ENDF/B-VII	Мухабхаб ²
σ_t	1.583	1.597	
σ_e	1.15	1.164	1.15 ± 0.05
σ_γ	0.433	0.433	0.433 ± 0.006
$RI\gamma$	0.203	0.203	0.30 ± 0.04

Как видно, тепловые сечения обоих файлов хорошо согласованы между собой и с оценкой Мухабхаба. Что касается резонансного интеграла, то оценки, принятые в файле, существенно отличаются от оценки Мухабхаба.

В ENDF/B-VII область разрешенных резонансов простирается, как и в случае хлора-35, до 1, 2 МэВ, хотя сечения в этой области и представлены в файле MF=3 детальным ходом, рассчитанным по резонансным параметрам. В JENDL-3.3 область разрешенных резонансов ограничена 0.42 МэВ.

17.1.2. Сечения вне резонансной области

На рис.5 сравниваются оценки полного сечения вне резонансной области. Как видно, за пределами области разрешенных резонансов ENDF/B-VII они практически совпадают.

На рис.6 приведены оцененные сечения захвата в сравнении с экспериментальными данными. Впечатление такое, что вне резонансной области это сечение в оценке ENDF/B-VII завышено.

На рис. 7 сравниваются оценки сечения реакции (n,p). Выше 13 МэВ, где имеются сильно разбросанные экспериментальные данные, они совпадают. Ниже 13 МэВ расхождения в оценках велики, но экспериментальные данные отсутствуют.

² Mughabghab S.F. Atlas of neutron Resonances. Resonance Parameters and Thermal Cross Sections. ELSEVIER, 2006.

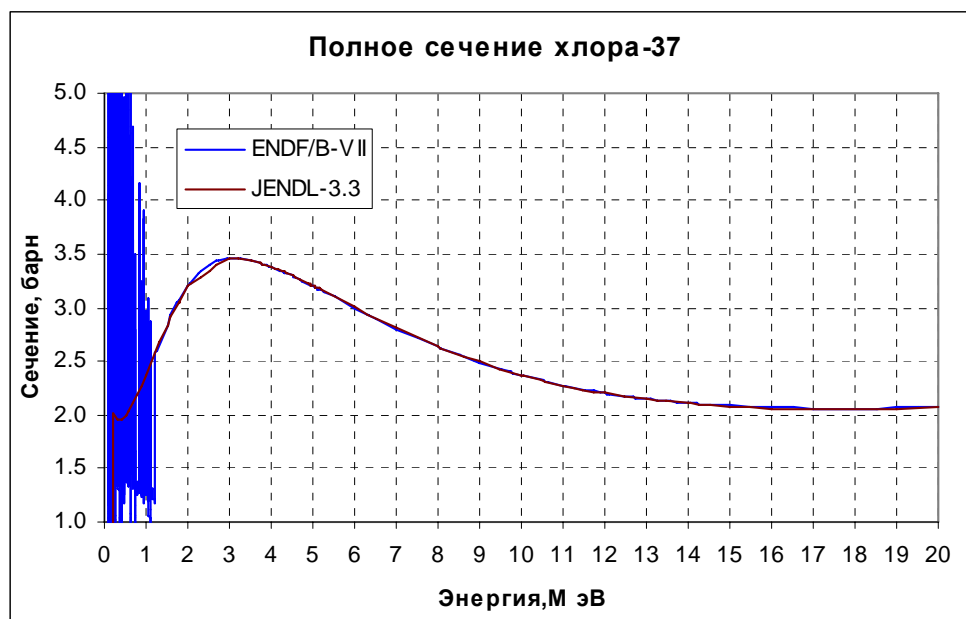


Рис.5. Полное сечение хлора-37

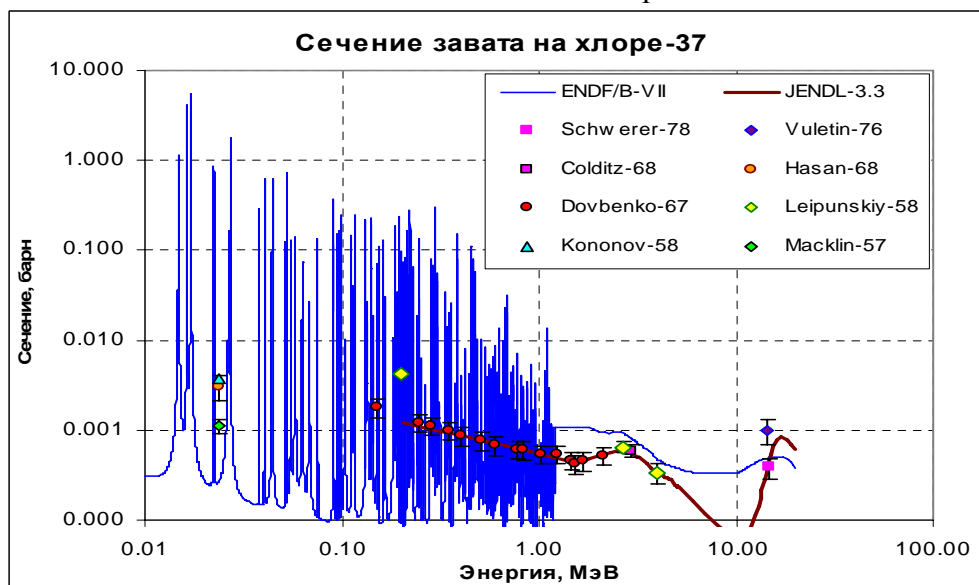


Рис.6. Сечение захвата для хлора-37

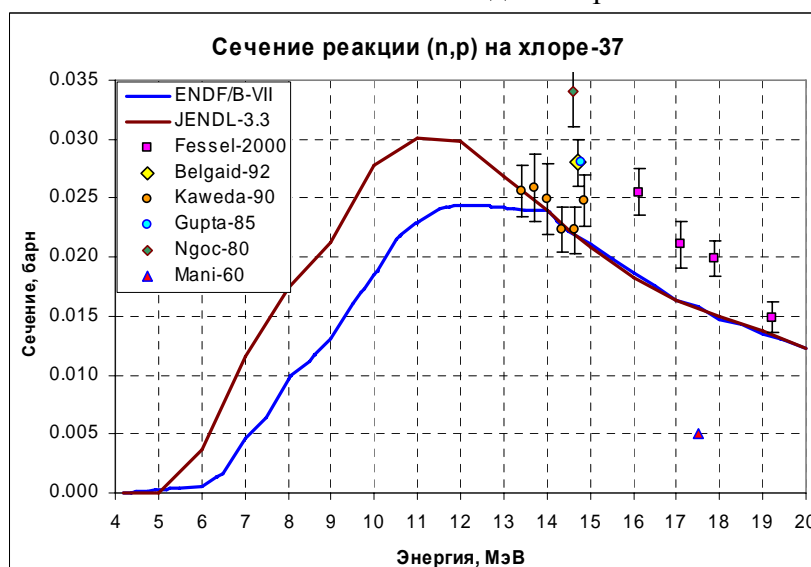


Рис.7. Сечение реакции (n,p) на хлоре-37

На рис.8. сравниваются сечения реакции (n, α). Расхождения в оценках носят тот же характер, что и в случае с реакцией (n,p), но разброс экспериментальных данных еще больше.

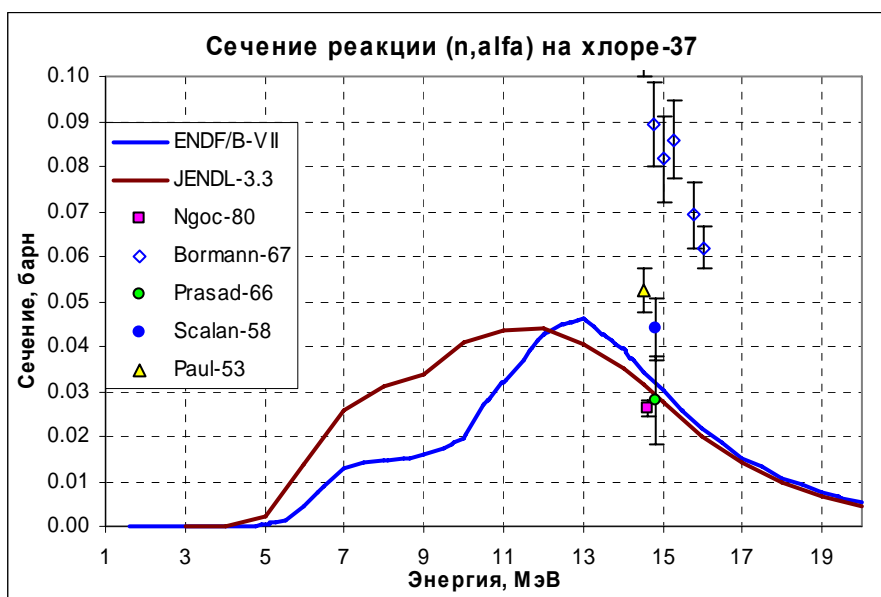


Рис.8. Сечение реакции (n, α) на хлоре-37.

Заключение

Как и в случае хлора-35, РОСФОНД принимается оценка R.Sayer, K. Guber, L.Leal и N.Larson (2003г) – ENDF/B-VII.

Автор заключения

Николаев М.Н.