

25. МАРГАНЕЦ

Природный марганец содержит 1 стабильный изотоп. Кроме того, в РОСФОНД включены данные о сечениях нейтронных реакций для 3 изотопов с периодами полураспада более суток из библиотеки JEFF-3.0/A.

Во всех библиотеках используются данные, базирующиеся на оценке К. Shibata , Т.Ножуама, 1987. В ФОНД-2.2 – без модификаций, в JENDL-3.3 и ENDF/B-VII с некоторыми модификациями. JEFF-3.1=JENDL-3.3. Данные для радионуклидов включены только в ФОНД-2.2 (из EAF-3).

25.1. Маргнец-52

Радиоактивен ($T_{1/2}=5.6$ d.). Испытывает позитронный распад или захват орбитального электрона с образованием хрома-52.

Заключение

В РОСФОНД принята оценка EAF2003 (МАТ-2516) со следующими изменениями:

1. Присвоен МАТ=2552
2. Файл MF=8 опущен.
3. Файл MF=10 опущен.

Автор рекомендации

Забродская С.В.

25.2. Марганец-53

Радиоактивен ($T_{1/2}=3.7 \cdot 10^6$ у.). Испытывает захват орбитального электрона с образованием хрома-53.

Заклучение

В РОСФОНД принята оценка EAF2003 (МАТ-2519) со следующими изменениями:

1. Присвоен МАТ=2553.
2. Файл MF=8 опущен.
3. Данные из файла MF=10 перенесены в файл MF=3. Файл MF=10 опущен.

Автор рекомендации

Забродская С.В.

25.3. Марганец-54

Радиоактивен ($T_{1/2}=312.2$ d.). Испытывает захват орбитального электрона с образованием хрома-54.

Заклучение

В РОСФОНД принята оценка JEFF-3.0/A (МАТ-2522) со следующими изменениями:

1. Присвоен МАТ=2554
2. Файл MF=8 опущен.

Автор рекомендации

Забродская С.В.

25.4. Марганец-55

1. Общие характеристики

1.1. $Z=25$

1.2. $A=54.938\ 045\ 141 \pm 0.000\ 000\ 729$

1.3. $A_w=54.466\ 100\ 965 \pm 0.000\ 000\ 723$

1.4. Содержание в естественной смеси: 100.0 ат%;
100.0 вес%

1.5. Перечень нейтронных реакций

| MT | Реакция | Q, МэВ | $E_{\text{порог.}}$, МэВ | Ядро-продукт ^{*)} |
|-----|---------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| 4 | (n,n') | 0.1260 ± 0.0001 | 0.1283 | |
| 16 | (n,2n) | -10.2270 ± 0.0001 | 10.4148 | 25 Mn 54 |
| 22 | (n, α) | -7.9358 ± 0.0001 | 8.0815 | 23 V 51 |
| 28 | (n,np) | -8.0679 ± 0.0001 | 8.2160 | 24 Cr 54 |
| 102 | (n, γ) | 7.2705 ± 0.0001 | 0.0 | 25 Mn 56 |
| 103 | (n,p) | -1.8212 ± 0.0001 | 1.8546 | 24 Cr 55 |
| 104 | (n,d) | -5.8433 ± 0.0001 | 5.9506 | 24 Cr 54 |
| 105 | (n,t) | -9.3050 ± 0.0001 | 9.4758 | 24 Cr 53 |
| 106 | (n, He^3) | -12.7070 ± 0.0001 | 1.2940 | 23 V 53 |
| 107 | (n, α) | 0.6243 ± 0.0001 | 0.6358 | 23 V 52 |

1.6. Радиоактивность: не радиоактивен

2. Резонансная область: (MF=2)

2.1. Спин и четность $J^\pi = 2.5^+$;

2.2. Радиус рассеяния: $R=0.515 \cdot 10^{-12}$ см.

2.3. Область разрешенных резонансов (область неразрешенных резонансов отсутствует).

Во всех версиях библиотеках оцененных данных (JENDL3.3, ENDF/B7, JEFF3.1) область разрешенных резонансов представлена одной оценкой Т.Ноуяума 1987г., который принял решение о выборе резонансных параметров. Ниже приводится описание этого выбора.

Энергетическая область разрешенных резонансов определена от $1.0E-5$ эВ до 100 кэВ. Разрешенные резонансные параметры представлены в многоуровневом приближении Брейта-Вигнера (52 s-резонанса, 97 p-резонансов). Параметры 4-х резонансов, лежащих ниже 3 кэВ были взяты из работы Macklin R.L.(Nucl. Sci. Eng., 89, 362 1985), остальные – из компиляции Mugabghab S.F. et al ("Neutron Cross Sections", Vol. 1, Part A, Academic Press 1981), кроме двух отрицательных резонансов, параметры которых были определены путем подгонки к экспериментальному тепловому сечению.

В резонансной области до 100 кэВ к сечениям, рассчитанным по резонансным параметрам, никаких подложек не добавляется.

Рассмотрим статистические характеристики оцененных резонансных параметров. На рис. 1. показаны нарастающие суммы числа s-резонансов со спинами 2 и 3, а на рис. 2 – нарастающие суммы их приведенных нейтронных ширин. Проведенные

там линии тренда позволяют оценить средние расстояния между резонансами и силовые функции. Как видно, и те и другие для резонансов с разными спинами оказались практически одинаковыми. Из статистических соображений плотность резонансов со спином J пропорциональна $2J+1$, т.е. можно было бы ожидать среднее расстояние между уровнями со спином 3 процентов на 20 меньшим, чем для уровней со спином 2. Однако наблюдаемое противоречие при небольшом числе резонансов каждого спина не является статистически значимым.

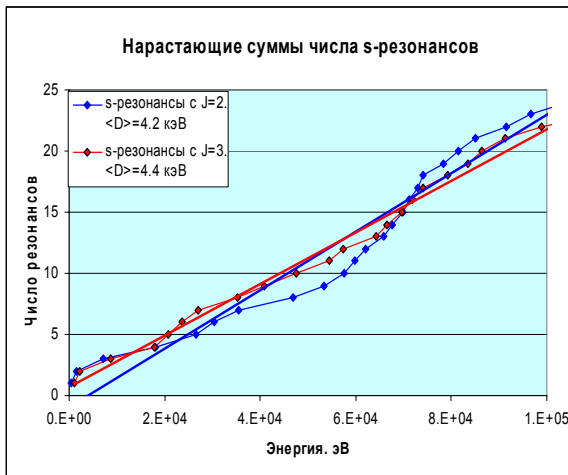


Рис. 1.

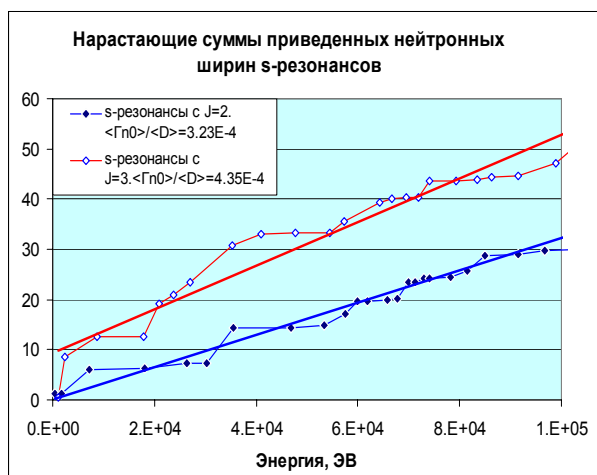


Рис.2

На рис. 3 показаны нарастающие суммы числа р-резонансов с различными спинами. Спиновая зависимость плотности уровней выражена весьма сильно, но отнюдь не так, как следовало бы ожидать исходя из статистических соображений: Плотность уровней со спином 2 оказалась максимальной и во много раз превышает таковую для уровней со спином 1 и со спином 4; почти втрое превышает плотность уровней со спином 3. Выше 80 кэВ, плотность уровней со спином 4 внезапно резко возрастает. Все это порождает сомнения в корректности определения спинов р-резонансов. Заметим, что полное число р-резонансов в интервале до 100 кэВ (87) превышает число s-резонансов в этом интервале (45) почти равно вдвое, что соответствует ожидаемой зависимости плотности уровней от спина.

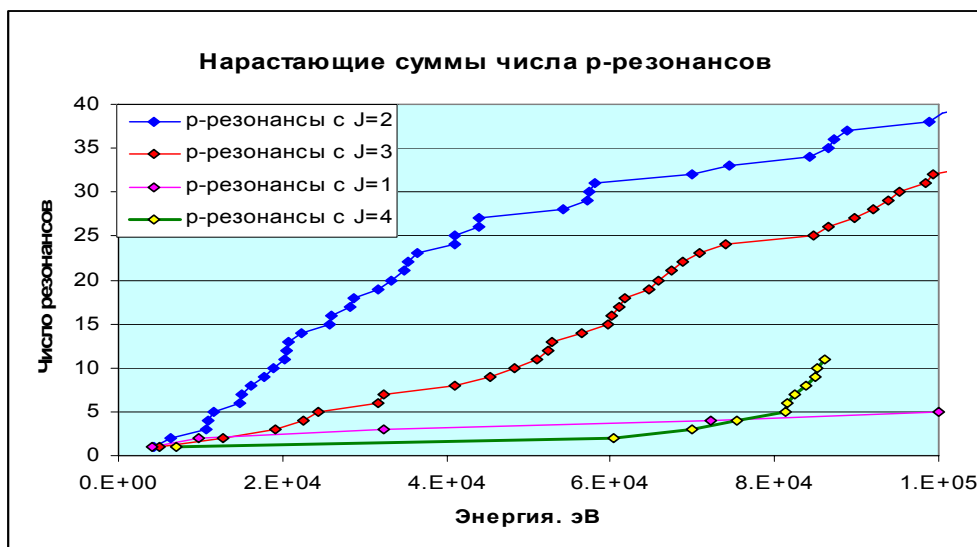


Рис.3.

Таким образом, представляется, что

- пропуск слабых резонансов в рассматриваемой области не существен;

- разделение резонансов по четности выполнено корректно,
- определение спинов резонансов сомнительно (особенно для р-резонансов).

На оцененные значения нейтронных сечений последняя неточность влияет, однако, слабо, поскольку параметры большинства резонансов определены на основе измерений полных сечений, а интегралы под резонансами полного сечения пропорциональны $g\Gamma_n$, где $g = \frac{2J+1}{2(2I+1)}$ - статистический множитель. Неправильное определение спина J влечет за собой такую погрешность в величине нейтронной ширины, что $g\Gamma_n$ сохраняется.

2.5. Тепловые сечения и резонансный интеграл:

Как ясно из изложенного выше, тепловые сечения и резонансные интегралы целиком определяются резонансными параметрами. Сравним рассчитанные таким образом сечения и резонансные интегралы с оценками Мухабхаба 1981¹ г. и 2003² г. Во втором столбце таблицы 1 приведены данные по ENDF/B-7.

Таблица 1. Сравнение тепловых сечений и резонансного интеграла

| σ, барн | S.F.Mughabghab(1981) | S.F.Mughabghab(2003) | ENDF/B-7 |
|-----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| elastic | 2.2±0.2 | | 2.167 |
| capture | 13.3±0.2 | 13.36±0.05 | 13.413 |
| Γ _γ , барн | 14.0±0.3 | 14.0±0.3 | 11.73 |

Обращает на себя внимание различие в оценках резонансного интеграла, далеко выходящее за пределы оцененных Мухабхабом погрешностей. Причиной изменения параметров низколежащих резонансов в оценке ENDF/B-7. послужили результаты эксперимента Маклина³ на ускорителе ORELA, специально ориентированные на уточнение радиационных ширин низколежащих резонансов марганца и, в первую очередь, первого из этих резонансов - при 337.3 эВ, вносящего определяющий вклад в резонансный интеграл. Величина Γ_γ для этого резонанса была известна с большой погрешностью¹: 0.435±0.100 эВ. Маклин получил значительно более низкое значение – 0.310±0.020 эВ, которое и было принято в оценке ENDF/B-7. Несмотря на то, что Маклиным был обнаружен дополнительный слабый резонанс при 1658 эВ, снижение радиационной ширины первого резонанса повлекло за собой существенное снижение резонансного интеграла.

Заметим, что основанием для того, чтобы приписать резонансному интегралу величину, равную 14 барнам послужили многочисленные непосредственные измерения этой величины (см. таблицу 2, содержащую результаты работ, выполненных после 1960г.). После небольших поправок на отличие принимавшегося значения стандарта - резонансного интеграла золота – на современную величину 1559 барн усреднение результатов этих измерений с весом обратно пропорциональным погрешностям, приписанным этим результатам авторами 14.3 барна, что совпадает в пределах погрешности с оценкой Мухабхаба – 14.0 барн. Погрешность ±0.3 барна получается как

¹ Mughabghab S.F., Divadeenam M., Holden N.E., Neutron Cross Sections, Vol.I, Neutron Resonance Parameters and Thermal Cross Sections. Part A, Z=1 – 60 < Academic Press/ N-Y/, 1981.

² Mughabghab S.F., Thermal Neutron Capture Cross Sections, Resonance Integrals and G-Factors. INDC(NDS)-440 Feb. 2003.

³ Macklin R.L. Nucl/ Sci. Eng. 89, 362 (1985)

путем усреднения погрешностей результатов отдельных измерений, так и путем оценки по средне-квадратичному отклонению результатов измерений от среднего. Таким образом, налицо противоречие между результатами многочисленных интегральных измерений и единственного дифференциального эксперимента. Следует отметить, что в отличие от измерений резонансного интеграла, выполнявшихся с использованием активационной методики, детальное измерение энергетической зависимости сечения захвата требовало использовать образец достаточно большой толщины для обеспечения приемлемой эффективности регистрации мгновенных гамма-квантов. Это требовало введения в результаты измерений поправок на самоэкранировку и многократное рассеяние, которые вводились расчетным путем. В случае резонанса при 337.3 эВ эффект поправки на многократное рассеяние составлял 77% (от эффекта поглощения в первом столкновении). Учет этой поправки, разумеется, привел к снижению площади под резонансом, т.е. к снижению радиационной ширины. Поправка на эффект резонансной самоэкранировки имеет, очевидно, противоположный знак. Хотя методика учета многократных столкновений в образце методом Монте – Карло, казалось бы, должна была учитывать и эффект резонансной самоэкранировки, о вкладе этого эффекта в поправку в публикации ничего не говорится, что порождает определенные сомнения в достоверности результата эксперимента.

Сохраняя в оценке, принимаемой в РОСФОНД, те же резонансные параметры, что и в ENDF/B-7, мы подчеркиваем наличие отмеченного выше противоречия, которое должно быть разрешено в будущем и которое следует иметь в виду при использовании данных для марганца в практических расчетах.

3.Сечения нейтронных реакций (MF=3)

При выборе файла по нейтронным сечениям рассматривались три библиотеки – JENDL3.3, ENDF/B7, JEFF3.1, в которых оказалась одна оценка K.Shibata, выполненная 1988г. На рис.4(а,b,c) видно, что полное сечение практически совпадает во всей энергетической области.

Для сравнения на графиках приводится также оценка Mn-55 в библиотеке ENDF/B-5, сделанная Мухабхабом.

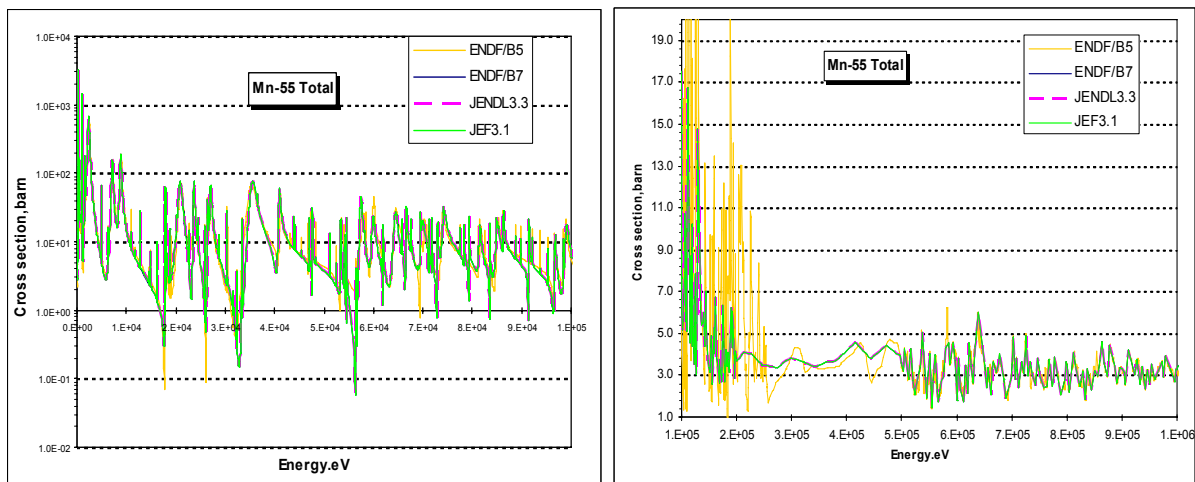


Рис.4(а,b)

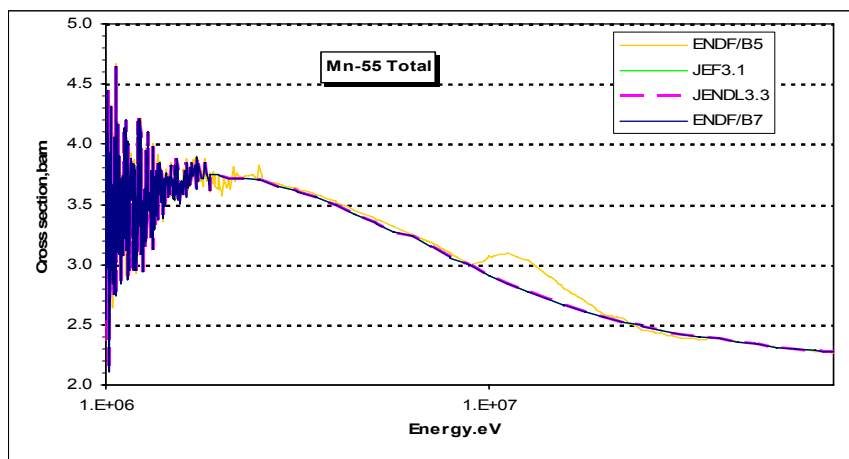


Рис.4с

3.1. Полное сечение (MT=1).

Полное сечение в файле (секция MF=3 MT=1) начинается выше 100 кэВ и представлено поточечно на основе экспериментальной информации из трех работ:

- от 0.584 кэВ до 200 кэВ,
Garg, J.B., Rainwater, J. and Havens, Jr., W.W.; Nucl. Sci. Eng., 65, 76 (1978).
- от 20 кэВ до 625 кэВ,
Pineo, W.F.E., Divadeenam, M., Bilpuch, E.G., Seth, K.K. and Newson, H.W.: Ann. Phys., 84, 165 (1974).
- от 500 кэВ до 32 МэВ
Cierjacks, S., Forti, P., Kopsch, D., Kropp, L., Nebe, J. and Unseld, H.: "High Resolution Total Cross Sections for Na, Cl, K, V, Mn and Co between 0.5 and 30 MeV", KfK-1000 (1968)

На рис.5(a-k) представлены эти экспериментальные данные с оценкой полного сечения с добавлением более поздних экспериментов.

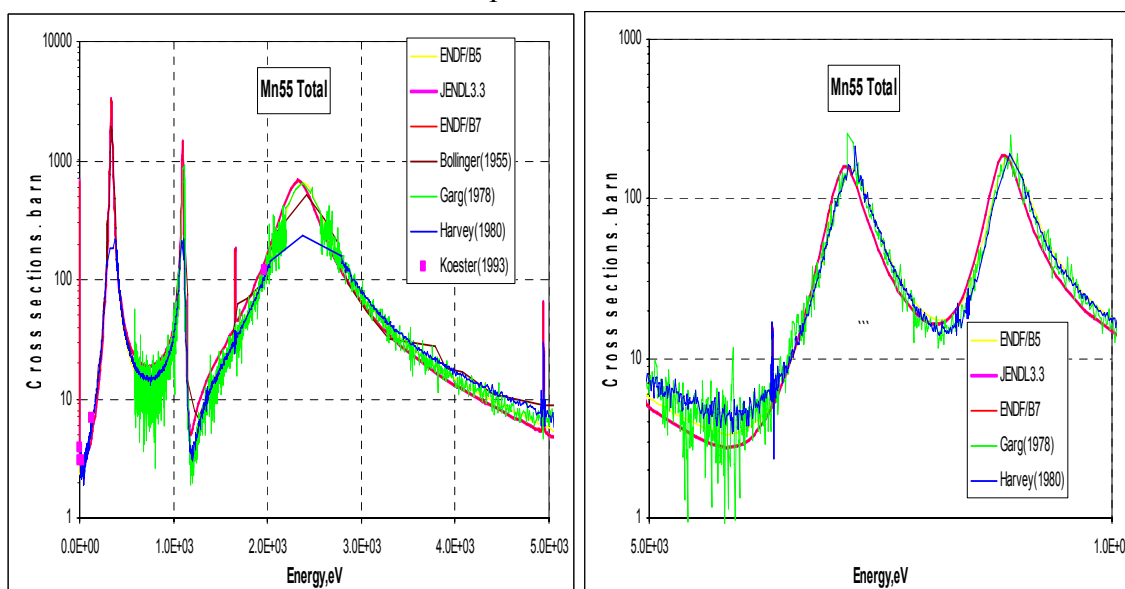


Рис.5(a,b). Полное сечение от 0 до 10 кэВ

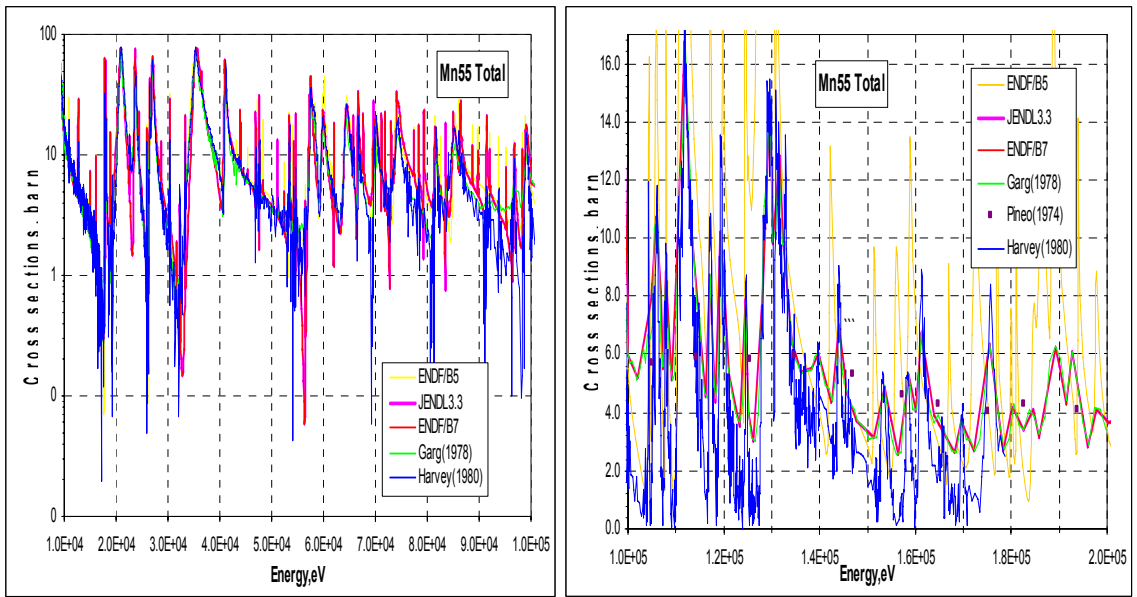


Рис.5(с,d). Полное сечение до 10 до200 кэВ

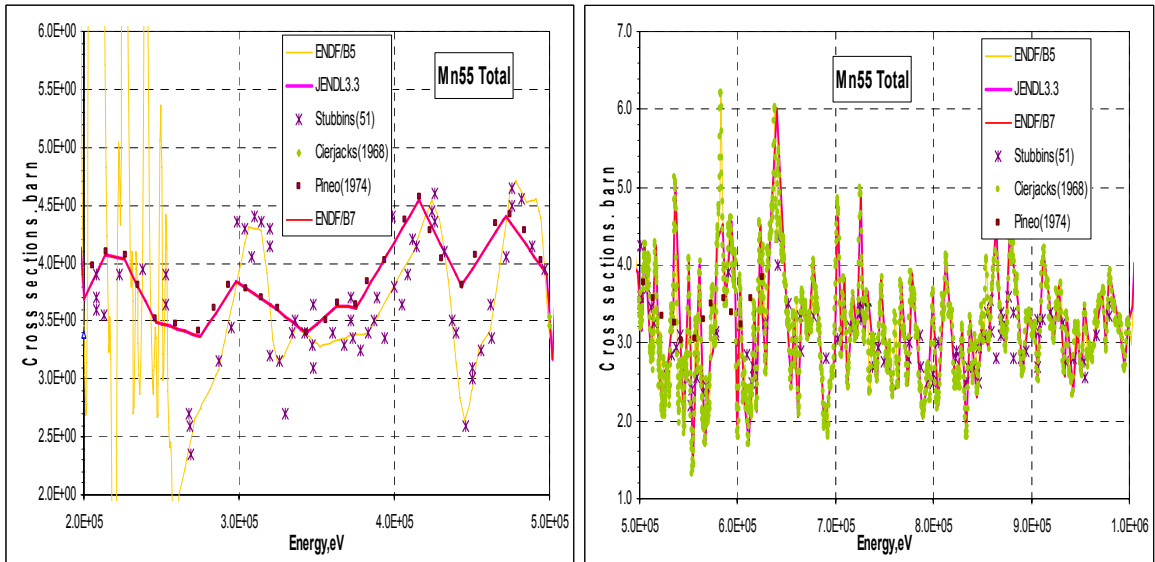


Рис.5(f,g). Полное сечение от 200 кэВ до 1 МэВ

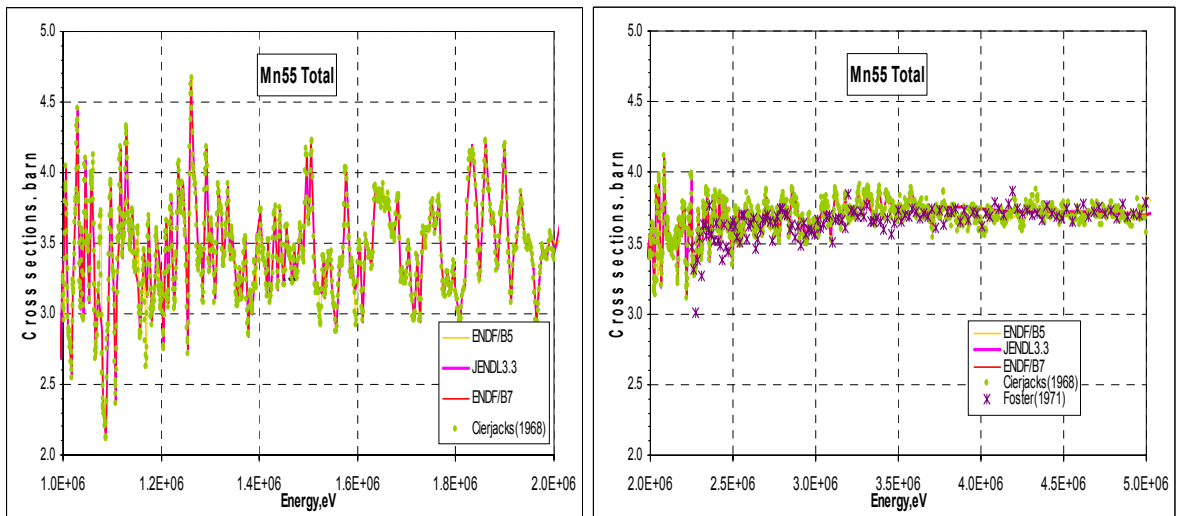


Рис.5(h,i). Полное сечение от 1 до 5 МэВ

Рис

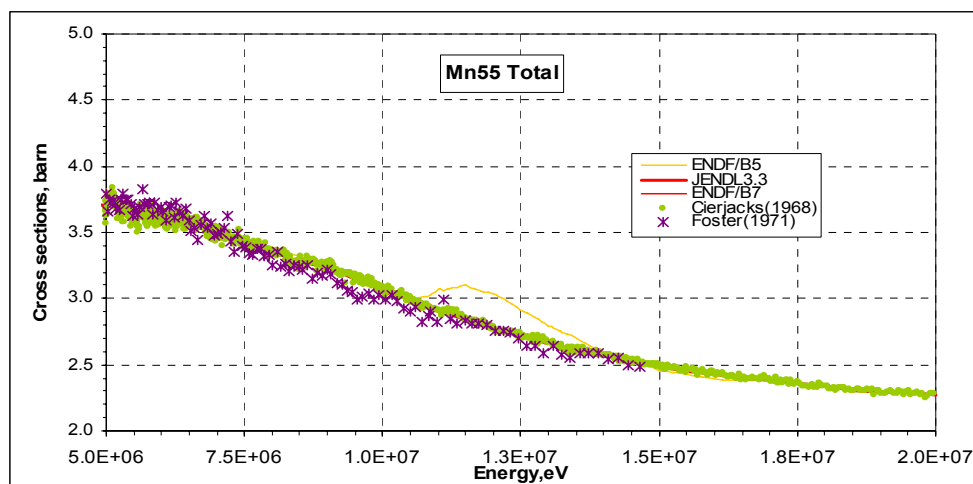
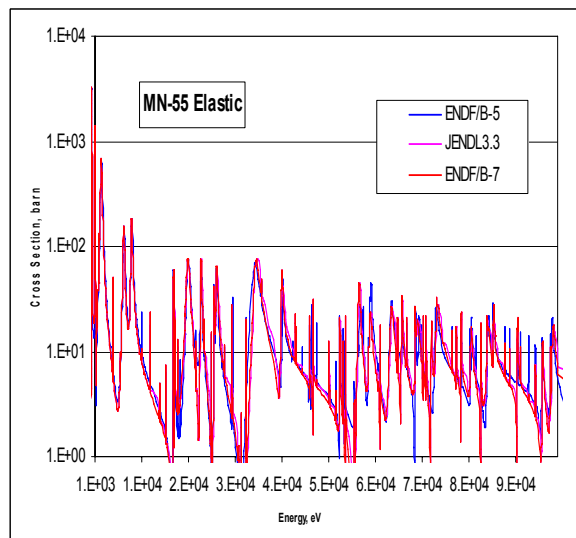
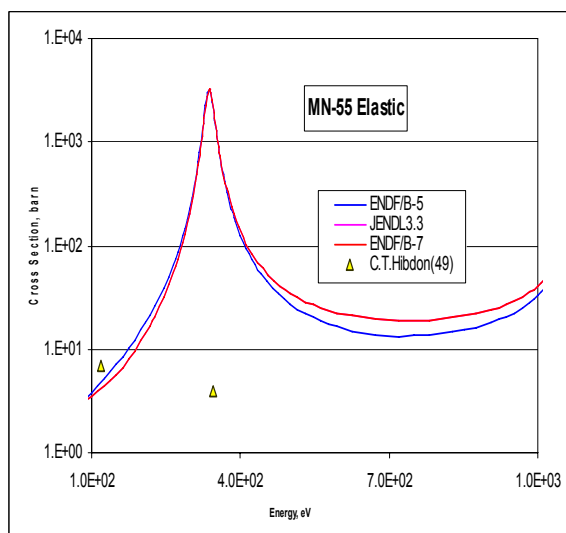


Рис.5(j,k). Полное сечение от 5 до 20 МэВ

Из рисунков видно, что для полного сечения новые экспериментальные данные появились до 1.8 KeV(Harvey,1990), от 2-15 MeV(Forster,1971). Они не противоречат экспериментам, на которых строилась оценка ENDF/B7(или JENDL3.3) для полного сечения.

3.2. Сечения упругого рассеяния (MT=2)

Сечение упругого рассеяния получено как разница полного сечения и сечения неупругого взаимодействия. Экспериментальных данных для сечения неупругого рассеяния мало и они довольно старые. До 100 МэВ данные библиотек не сильно отличаются, исключая первые резонансы. Дальнейшее поведение или расхождение будет понятно из анализа сечений неупругого рассеяния.



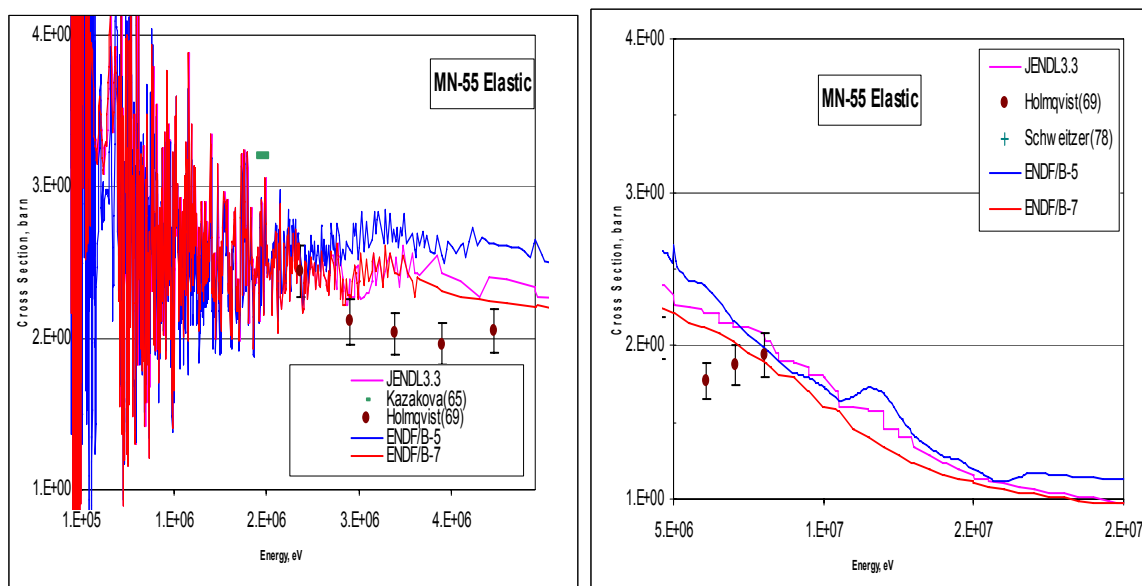


Рис.6(a,b,c,d) Эксперименты по сечению упругого рассеяния

3.3. Сечение радиационного захвата

Сечение радиационного захвата по всем рассматриваемым библиотекам совпадает, кроме ENDF/B-5.

Сечение радиационного захвата до 100 кэВ полностью определяется резонансными параметрами. На рис. 7 приводится восстановленное по резонансным параметрам сечение до 100 кэВ в поточечном и групповом представлении. Там же представлены имеющие экспериментальные данные. Надо отметить, что в области первых резонансов экспериментальных данных о сечении радиационного захвата практически нет.

В области 0.46 кэВ до 3.4 МэВ в 90-м году появились данные эксперимента Gautan, которые выше всех предыдущих измерений (см. рис.8)

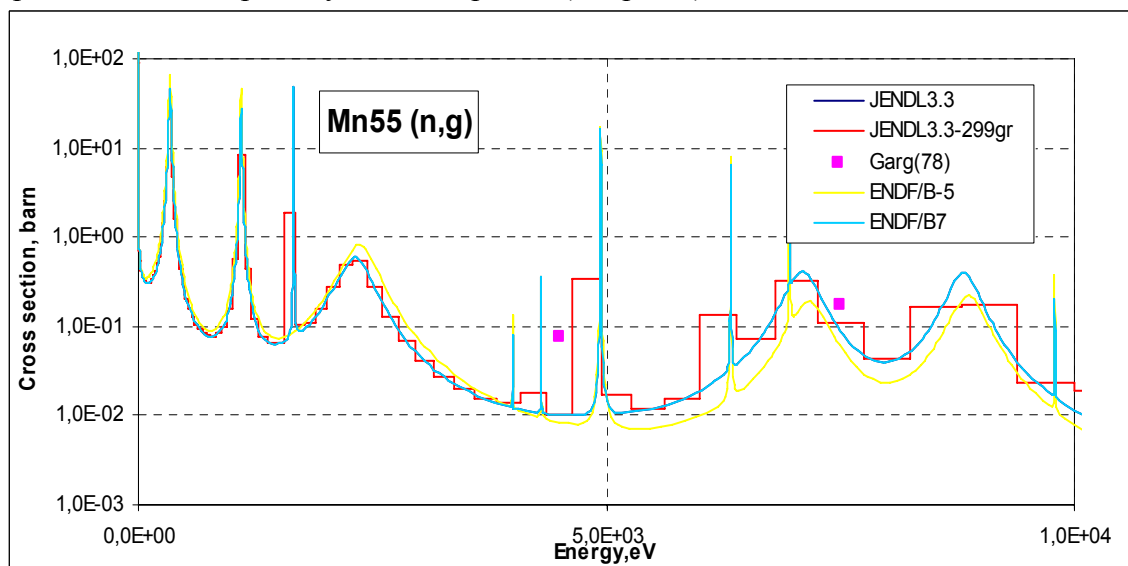


Рис. 7а Сечение радиационного захвата от 0 до 10 кэВ

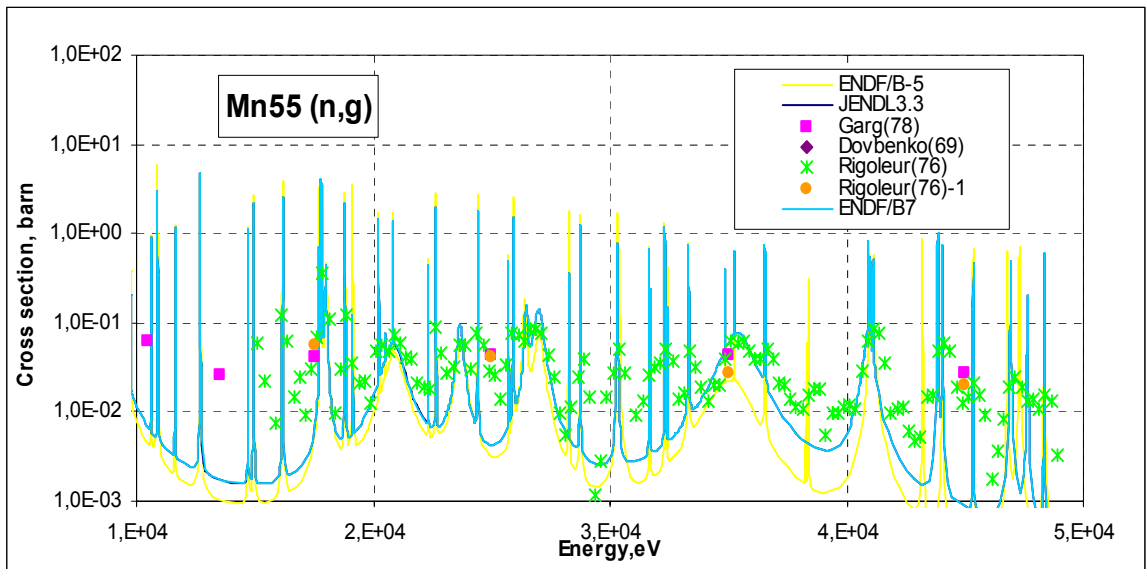


Рис 7 б.Сечение радиационного захвата от 10 до 50 кэВ

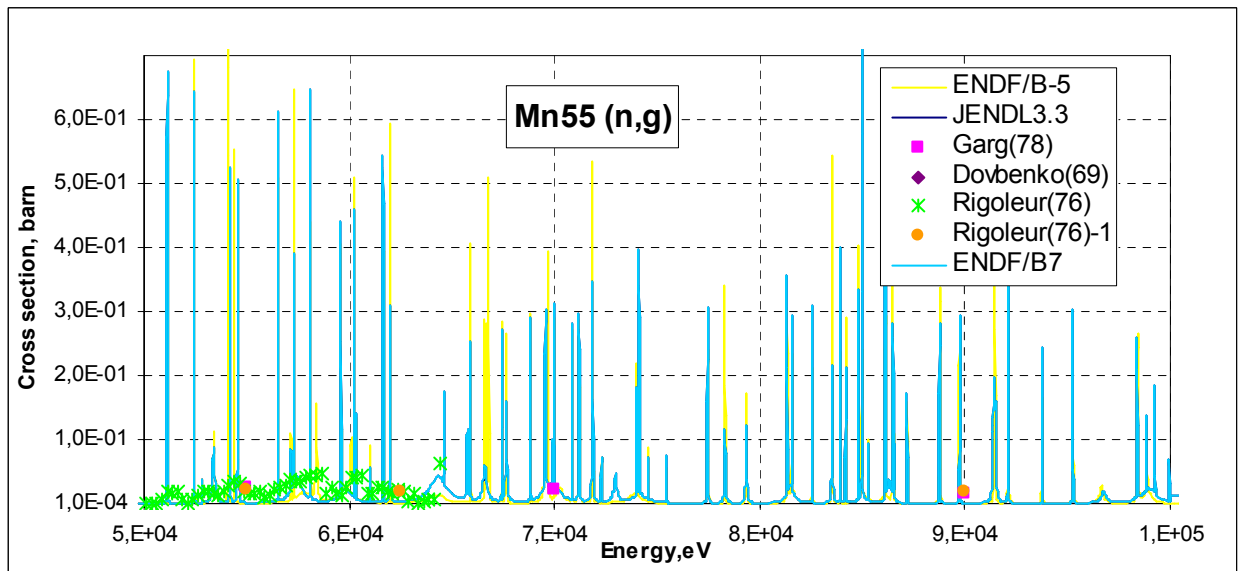


Рис. 7.с.Сечение радиационного захвата от 50 до 100 кэВ

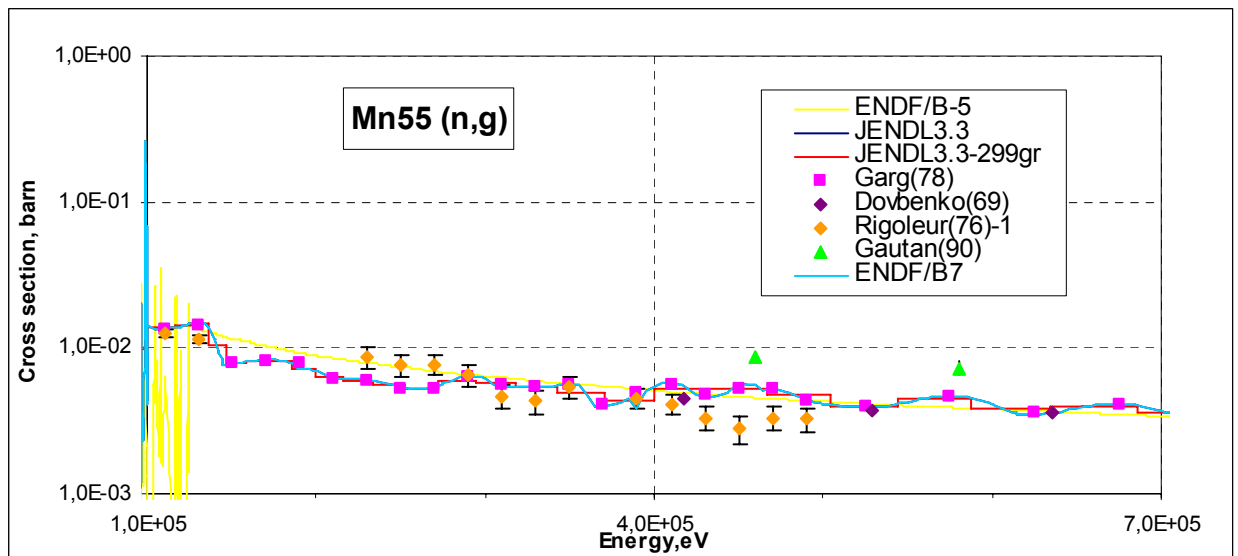


Рис.7д Сечение радиационного захвата от 100 кэВ до 700 КэВ

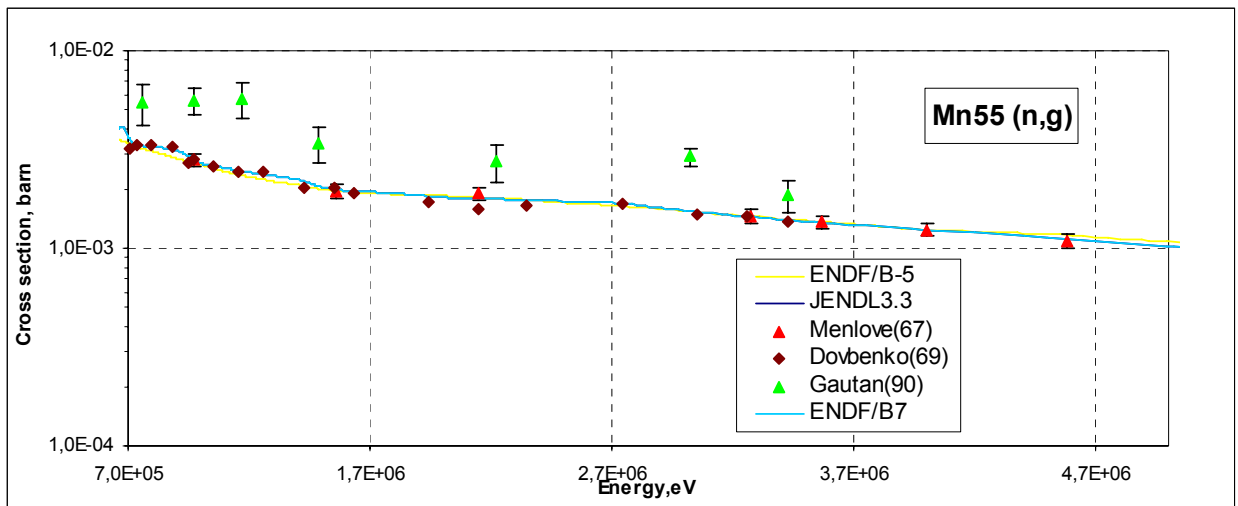


Рис.7е. Сечение радиационного захвата от 700 кэВ до 5 МэВ

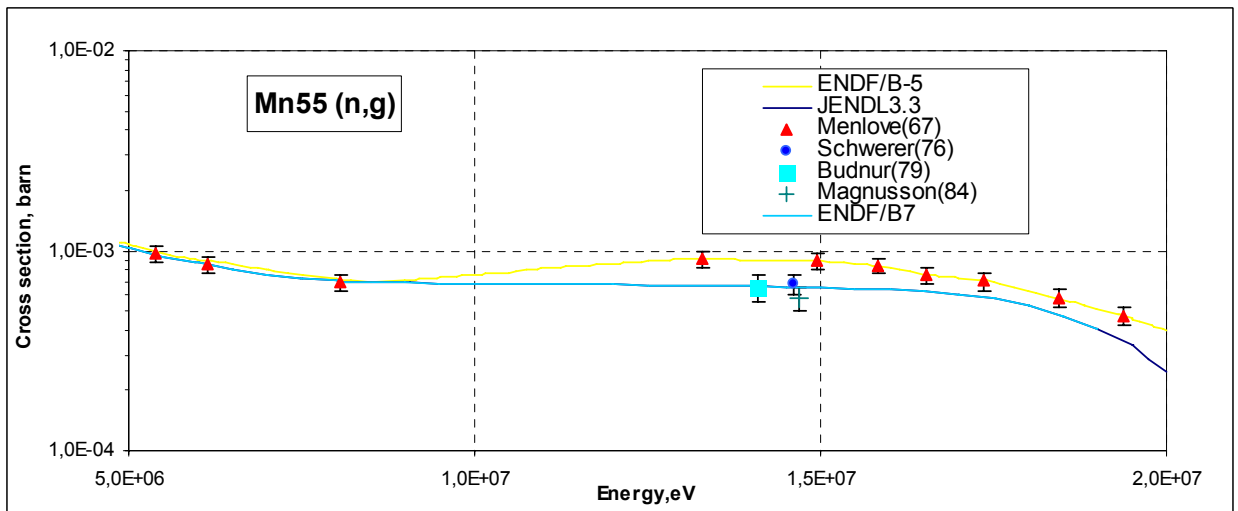


Рис.7ф. Сечение радиационного захвата от 5 МэВ до 20 МэВ

3.4. Сечение неупругого рассеяния

Процесс неупругого рассеяния нейтронов на марганце ($E_{\text{порог}} \sim 0.126$ МэВ) начинается выше границы разрешенных резонансов. Неупругое рассеяние на Mn-55 представлено 16-ю уровнями в JENDL3.3 (которые ниже приводятся в таблице в разделе фотонных данных). и 29-ю в ENDF/B7. В обеих библиотеках область континуума начинается с 3.04 МэВ. Расчеты в ENDF/B7 были выполнены по программе TNG, где после 66 уровня ($E=2.427$ MeV) через каждые приблизительно 0.1 MeV до области континуума добавлены еще 13 уровней.

На рис.10 представлены все имеющиеся в EXFOR экспериментальные данные, которых немного.

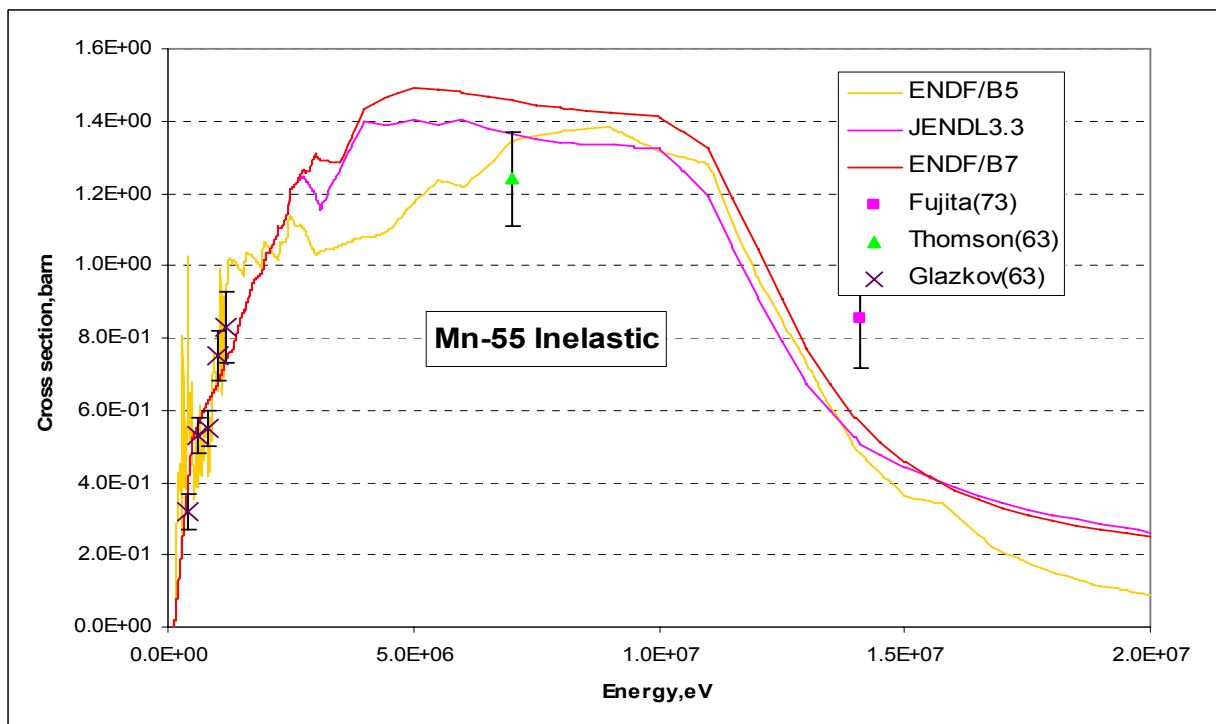


Рис. 8. Сечение неупругого рассеяния

3.5. Сечение реакции (n,2n)

Сечение реакции (n,2n) довольно хорошо измерялось в разное время и есть современные данные. Все они, за исключением данных Paulsen(65) и Soerwasono(92), в пределах ошибки согласуются. В библиотеках оценки совпадают, поэтому не видно различий ENDF/B-7 и JENDL3.3. Такая же ситуация и для всех остальных реакций. Поэтому на рисунках приводится одна оценка.

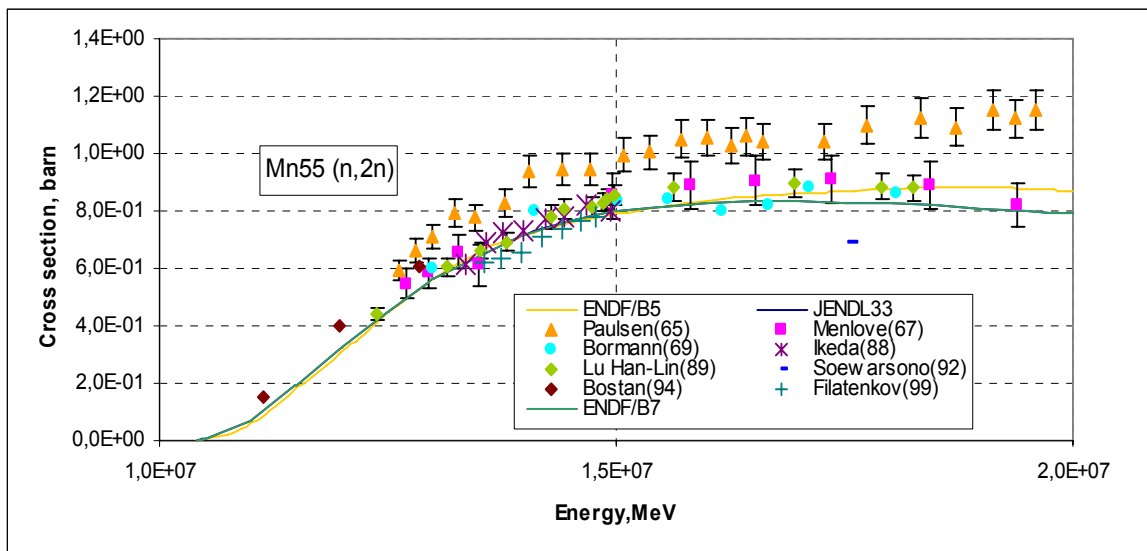


Рис.9. Сечение реакции (n,2n)

3.6. Сечения реакций (n, n'p), (n, n'α), (n,d),(n,t) и (n,He³)

Для этих реакций оцененные данные были получены по программе TNG(как и для реакций (n,p) и (n,α) – см следующий пункт). Экспериментальных данных в EXFOR для сечений (n, n'p), (n, n'α), (n,d) нет. Поэтому на рис. приводятся сравнение экспериментальных данных для (n,t) и (n,He³). На экспериментальных данных Sudar(79) основывалась оценка сечения (n,t)(голубая линия), как указано в файле. Реакция (n,He³) – на эксперименте Diksic(74), у которого указана погрешность 50%. Новых данных нет.

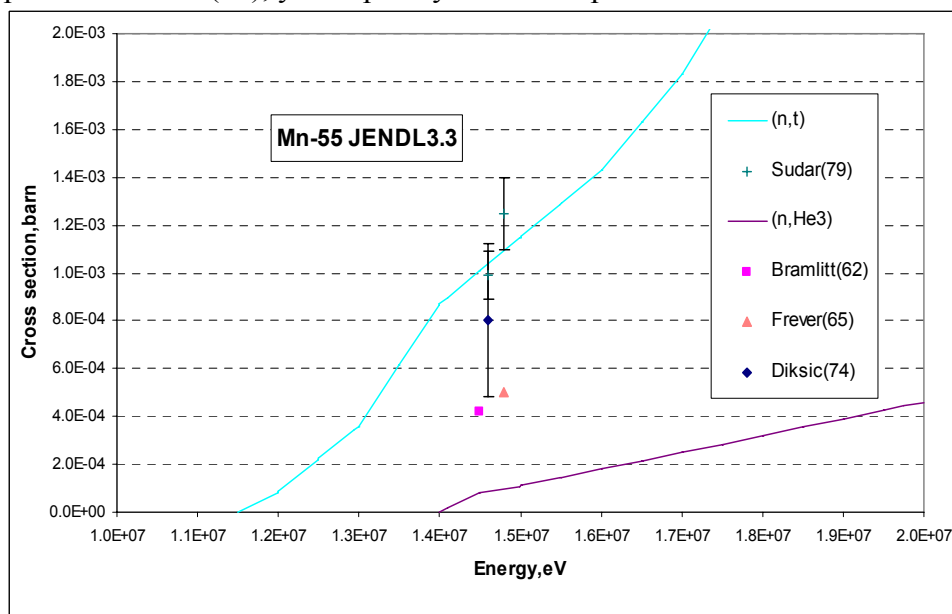


Рис.10.Сечение реакций (n,t) и (n,He³)

3.7. Сечения реакций (n,p) и (n,α)

Сечение реакций (n,p) и (n,α) хорошо представлено экспериментальными данными. Сечение (n,p) до 13 МэВ практически повторяет поведение данных эксперимента Bostan(94),но идет немного выше. Выше 13 МэВ видно, что кривая оценки прошла между двумя экспериментальными данными.

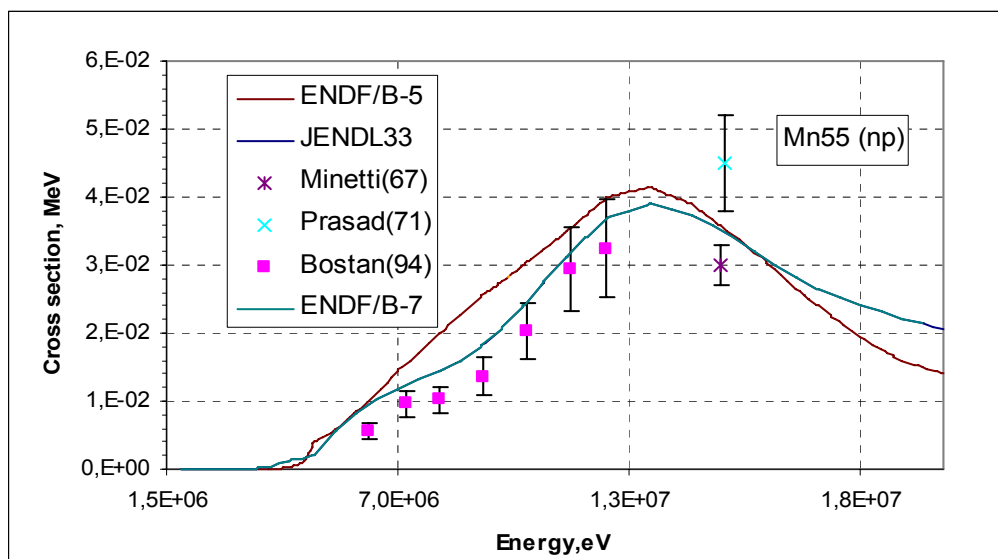


Рис.11.Сечение реакций (n,p)

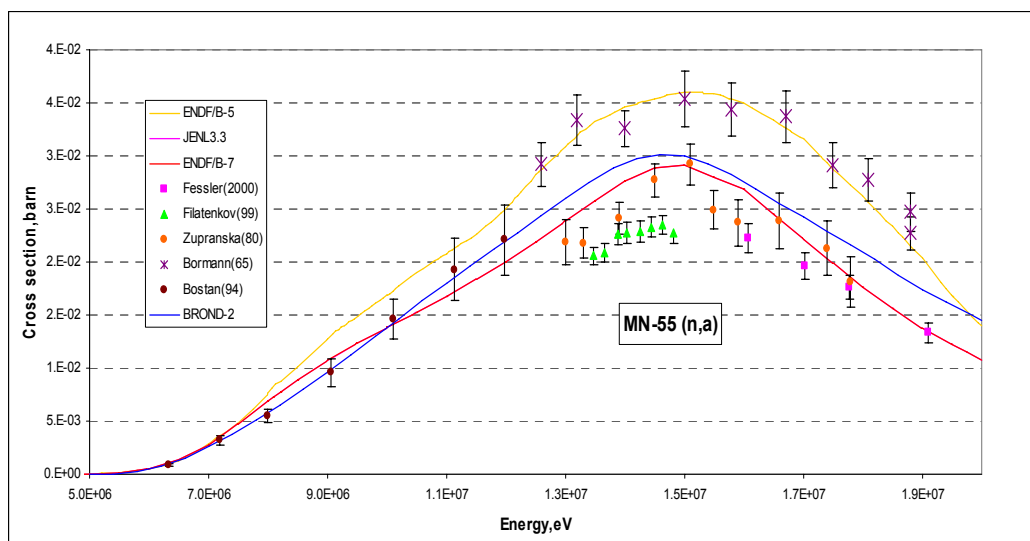


Рис.12.Сечение реакций (n,α)

Сечение (n,α) до 13 МэВ хорошо описывается экспериментом Bostan(94). Выше 13 МэВ разброс экспериментальных данных большой. Оценка проходит по середине и ближе всего к данным Zupranska(80). Синим цветом приводится оценка из библиотеки BROND-2.

3.8. Другие реакции

В оценке присутствуют следующие сечения реакций:

| MT | Реакция образования | Сумма сечений |
|-----|---------------------|---------------|
| 203 | протона | 28+103 |
| 204 | дейтерия | 104 |
| 205 | трития | 105 |
| 206 | He ³ | 106 |
| 207 | α-частицы | 22+107 |

Они остаются в файле.

4. Энерго-угловые распределения

4.1. Анизотропия упругого и неупругого рассеяния.

В оценке JENDL3.3 угловые распределения MF=4 приведены для упруго и неупругого рассеяния. Они представлены коэффициентами Лежандра в системе центра масс. В библиотеке ENDF/B7 в файле 4 приводится только угловое распределение упругого рассеяния, которые полностью повторяют оценку JENDL3.3. На рис.13 приводятся угловые распределения для выборки по энергии нейтрона 3,7,14.1 MeV.

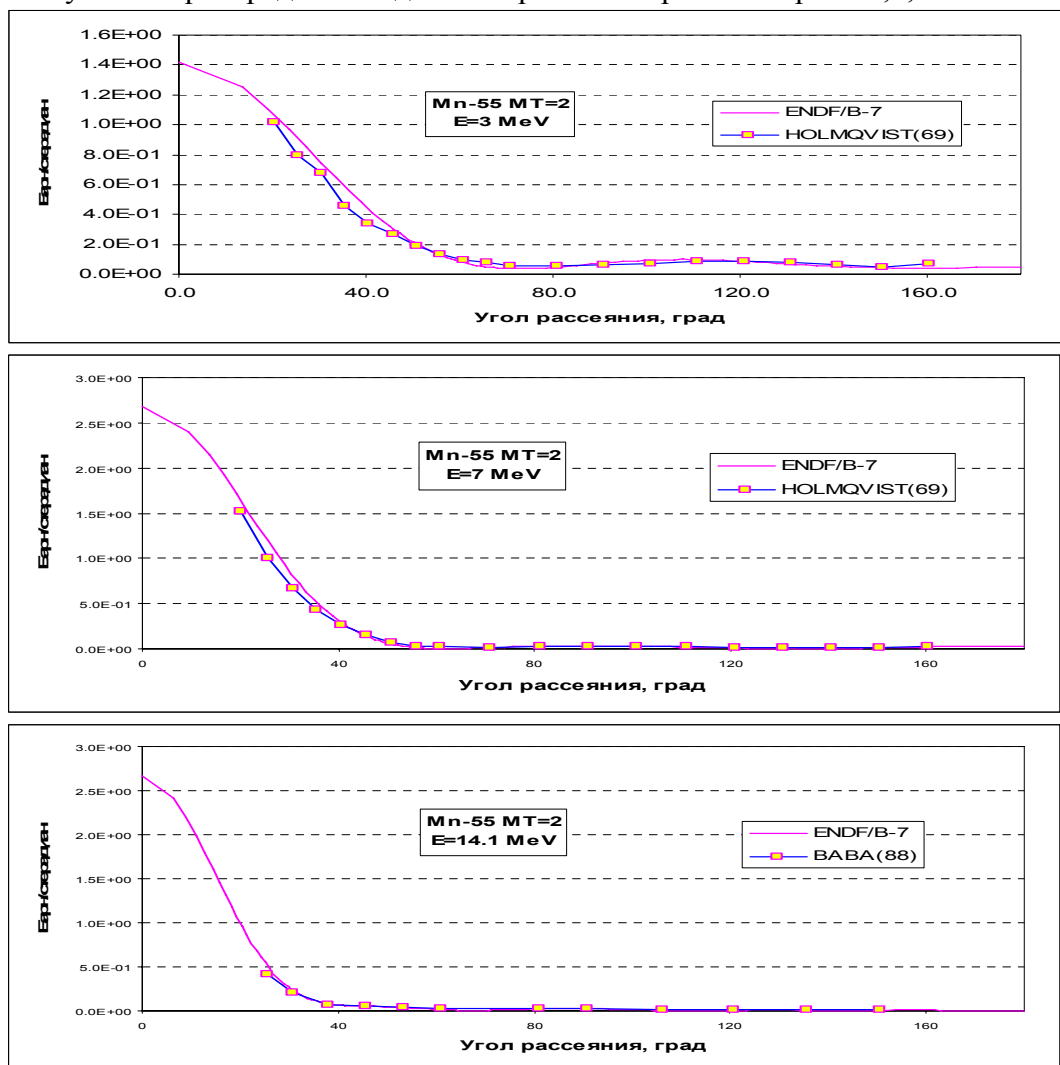


Рис.13а-с. Угловые распределения Mn-55

Видно, что согласие довольно хорошее с имеющимися экспериментальными данными. Неупругое рассеяние измерялось довольно активно в 70-х годах. Поскольку в оценке угловое распределение представлено по уровням, то сравнение было решено не проводить в силу большой подготовительной работы.

4.2. Энерго-угловые распределения других реакций

В оценке JENDL3.3 энерго-угловые распределения нейтронов для реакций (n,2n), (n, n'p), (n, n'α), неупругий континуум представлены в файлах MF=6. Там же приводятся энерго-угловые распределения продуктов реакций с образованием протона, дейтерия, трития, He³ и α-частицы. Распределения заданы коэффициентами разложения по полиномам Лежандра.

В оценке ENDF/B7 энерго-угловые распределения продуктов реакций (n,2n), (n, n'p), (n, n'α), (n,p), (n, α) получены по программе TNG.

5. Образование фотонов в нейтронных реакциях

Фотоны образуются на Mn55 в реакциях неупругого рассеяния MT=4,(51-), (n,2n) MT=16, (n,n'a) MT=22, (n,n'p) MT=28, (n,γ) MT=102, (n,p) MT=103, (n,α) MT=107. В библиотеках ENDF/B7 и JENDL3.3 фотонные данные получены по программе TNG.

В JENDL3.3 в файле MF=12 (множественности образования гамма-квантов и вероятности переходов) неупругое рассеяние представлено множественностями для MT=4, как и для всех остальных реакций(MT=16, 22,28,102,103,107). В файлах MF=14,15 находятся данные по угловому и энергетическому распределению для реакций всех этих реакций. Угловые распределения – изотропны для всех реакций.

В ENDF/B7 приводятся сами уровни(29) и схемы вероятностей переходов, которые приведены в Таблице1. Кроме фотонов неупругого рассеяния в файле MF=12 приводятся множественности фотонов радиационного захвата.MT=102. Фотоны и их распределения остальных реакций MT=16,22,28,102,103,107 представлены через файл MF=6.

Поскольку в ENDF/B7 приводятся вероятности и схемы уровней, то предпочтение было отдано данным именно этой библиотеки.

Таблица 1.
Схема уровней и вероятностей переходов для Mn-55

| N | Энергия уровня, eV | Переход | Энергия гамма-кванта, eV | Вероятность перехода, %. |
|----|--------------------|---------|--------------------------|--------------------------|
| 0 | 0.0000 | | | |
| 51 | 1.2600E+05 | 1→0 | 1.2600E+05 | 1.00 |
| 52 | 9.8400E+05 | 2→1 | 8.5800E+05 | 0.95 |
| | | 2→0 | 9.8400E+05 | 0.05 |
| 53 | 1.2900E+06 | 3→2 | 3.0600E+05 | 0.90 |
| | | 3→1 | 1.1640E+06 | 0.10 |
| 54 | 1.2920E+06 | 4→0 | 1.2920E+06 | 0.20 |
| | | 4→1 | 1.1660E+06 | 0.80 |
| 55 | 1.2930E+06 | 5→0 | 1.2930E+06 | 1.00 |
| 56 | 1.5280E+06 | 6→1 | 1.4020E+06 | 0.03 |
| | | 6→0 | 1.5280E+06 | 0.97 |
| 57 | 1.8840E+06 | 7→1 | 1.7580E+06 | 0.43 |
| | | 7→0 | 1.8840E+06 | 0.57 |
| 58 | 2.0150E+06 | 8→2 | 1.0310E+06 | 0.92 |
| | | 8→0 | 2.0150E+06 | 0.08 |
| 59 | 2.1980E+06 | 8→2 | 1.2140E+06 | 0.33 |
| | | 8→1 | 2.0720E+06 | 0.06 |
| | | 8→0 | 2.1980E+06 | 0.61 |
| 60 | 2.2150E+06 | 10→0 | 2.2150E+06 | 1.00 |
| 61 | 2.2520E+06 | 11→0 | 2.2520E+06 | 1.00 |
| 62 | 2.2670E+06 | 12→6 | 7.3900E+05 | 0.28 |
| | | 12→0 | 2.2670E+06 | 0.72 |
| 63 | 2.3120E+06 | 13→4 | 1.0200E+06 | 0.90 |
| | | 13→2 | 1.3280E+06 | 0.10 |
| 64 | 2.3660E+06 | 14→1 | 2.2400E+06 | 0.74 |
| | | 14→0 | 2.3660E+06 | 0.26 |
| 65 | 2.3980E+06 | 15→2 | 1.4140E+06 | 0.25 |
| | | 15→1 | 2.2720E+06 | 0.75 |
| 66 | 2.4270E+06 | 16→0 | 2.4270E+06 | 1.00 |

| | | | | |
|----|------------|-------|------------|------|
| 67 | 2.5630E+06 | 17→0 | 2.5630E+06 | 1.00 |
| 68 | 2.7270E+06 | 18→4 | 1.4350E+06 | 0.2 |
| | | 18→2 | 1.7430E+06 | 0.3 |
| | | 18→0 | 2.7270E+06 | 0.5 |
| 69 | 2.7530E+06 | 19→7 | 8.6900E+05 | 0.33 |
| | | 19→1 | 2.6270E+06 | 0.43 |
| | | 19→0 | 2.7530E+06 | 0.24 |
| 70 | 2.8220E+06 | 20→7 | 9.3800E+05 | 0.36 |
| | | 20→3 | 1.5300E+06 | 0.64 |
| 71 | 2.8240E+06 | 21→7 | 9.4000E+05 | 0.30 |
| | | 21→1 | 2.6980E+06 | 0.70 |
| 72 | 2.8730E+06 | 22→7 | 1.3450E+06 | 0.77 |
| | | 22→1 | 2.8730E+06 | 0.23 |
| 73 | 2.9540E+06 | 23→1 | 2.8280E+06 | 0.84 |
| | | 23→0 | 2.9540E+06 | 0.16 |
| 74 | 2.9760E+06 | 24→6 | 1.4480E+06 | 0.23 |
| | | 24→1 | 2.9760E+06 | 0.77 |
| 75 | 2.9920E+06 | 25→2 | 2.0080E+06 | 0.32 |
| | | 25→1 | 2.8660E+06 | 0.68 |
| 76 | 3.0060E+06 | 26→0 | 3.0060E+06 | 1.00 |
| 77 | 3.0360E+06 | 27→0 | 3.0360E+06 | 1.00 |
| 78 | 3.0380E+06 | 28→12 | 3.0380E+06 | 1.00 |
| 79 | 3.0400E+06 | 29→0 | 3.0400E+06 | 1.00 |
| 91 | 3.0460E+06 | | | |

6. Образование радиоактивных продуктов

Лишь одна из нейтронных реакций на марганце – реакция (n,2n) -ведет к образованию сравнительно долгоживущего радионуклида – ^{54}Mn ($T_{1/2}= 312.1$ день, 100% позитронная активность). Во всех остальных реакциях образуются либо стабильные, либо короткоживущие радионуклиды. Наиболее важным из них является ^{56}Mn ($T_{1/2}= 2.579$ часа, 100% бета- активность), образующийся при радиационном захвате.

7. Погрешности нейтронных сечений.

7.1. Погрешность полного сечения.

Ковариационные матрицы погрешности представлены и в JENDL3.3 и в ENDF/B7.

В тепловой области погрешности можно оценить по Мухабхабу (новый дает для сечения захвата $13.36\pm 0.05(0.4\%)$; старый – $13.3\pm 0.2(1.5\%)$) У него же есть оценка погрешности резонансного интеграла. $14.0\pm 0.3(2.1\%)$.

Имеются также погрешности сечений марганца и корреляции между ними в LUNDe. Для захвата там 1.5% в тепловой точке, что слишком много (это и отметить).

| % | Мухабхаб(old), | LUND |
|------------------------|----------------|------|
| $\sigma_{\text{тепл}}$ | 1.5 | 1.5 |
| I_{γ} | 2 | 7 |

8. Перечень цитированных экспериментальных работ

8.1. Полное сечение

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|-----------------|---------------|------------------------|---------|
| Stubbins(1951) | W.F.Stubbins | J,PR,84,902,51 | 5101 |
| Cierjacks(1969) | S.Cierjacks | R,KFK-1000,(SUPP.2),69 | 6902 |
| Foster(19871) | D.G.Foster Jr | J,PR/C,3,576,197102 | 7102 |
| Pineo(1974) | W.F.E.Pineo | J,AP,84,165,7405 | 7405 |
| Garg(1978) | J.B.Garg | J,NSE,65,76,7801 | 7801 |
| J.A.Harvey | J.A.Harvey | W,HARVEY,1980 | 8001 |

8.2. Сечения реакций упругого рассеяния

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|----------------|---------------|---------------------|---------|
| Hibdon(49) | C.T.Hibdon | J,PR,76,100,4907 | 4907 |
| Kazakova(65) | L.Ya.Kazakova | S,EANDC-50,200,6507 | 6507 |
| Holmqvist(69) | B.Holmqvist | R,AE-366,6906 | 6906 |
| Schweitzer(78) | Th.Schweitzer | W,SEELIGER,781116 | 7811 |

8.3. Сечения реакций (n,γ)

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|---------------|---------------|-----------------------|---------|
| Menlove(67) | H.O.Menlove | J,PR,163,1299,67 | 6701 |
| Dovbenko(69) | A.G.Dovbenko | J,AE,26,(1),67,6901 | 6901 |
| Rigoleur(76) | C.Le Rigoleur | R,CEA-R-4788,7610 | 7610 |
| Schwerer(76) | O.Schwerer | J,NP/A,264,105,760621 | 7606 |
| Garg(78) | J.B.Garg | J,PR/C,18,2079,7811 | 7811 |
| Budnar(79) | M.Budnar | R,INDC(YUG)-6,7912 | 7912 |
| Magnusson(80) | G.Magnusson | J,PS,21,(1),21,8001 | 8001 |
| Gautam(90) | R.P.Gautam | J,IPA,28,235,9005 | 9005 |

8.4. Сечение неупругого рассеяния

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|-------------|-------------|------------------------|---------|
| Thomson(63) | D.B.Thomson | J,PR,129,1649,6302 | 6302 |
| Glazkov(63) | N.P.Glazkov | J,AE,15,(5),416,196311 | 6311 |
| Fujita(63) | I.Fujita | J,NST,9,301,197305 | 7305 |

8.5. Сечение ($n,2n$)

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|----------------|----------------|------------------------|---------|
| Paulsen(65) | A.Paulsen | J,JNE/AB,19,907,6511 | 6511 |
| Menlove(67) | H.O.Menlove | J,PR,163,1308,67 | 6701 |
| Bormann(69) | M.Bormann | J,NP/A,130,195,6906 | 6906 |
| Ikeda(88) | Y.Ikeda | R,JAERI-1312,88 | 8801 |
| Han-Lin(89) | Lu Han-Lin | R,INDC(CPR)-16,8908 | 8908 |
| Geraldo(92) | L.P.Geraldo | J,RCA,57,63,92 | 9201 |
| Soewarsono(92) | T.S.Soewarsono | S,JAERI-M-92-027,354,9 | 9203 |
| Bostan(94) | M.Bostan | J,PR/C,49,266,94 | 9401 |
| Filatnikov(99) | A.A.Filatnikov | R,RI-252,199905 | 9905 |

8.6. Сечение реакции ($n,He3$) и (n,t)

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|--------------|--------------|-----------------|---------|
| Bramlitt(62) | E.T.Bramlitt | J,PR,125,297,62 | 6201 |

| | | | |
|-------------|-----------|---------------------|------|
| Frevert(65) | E.Frevert | J,APA,20,304,6508 | 6508 |
| Diksic(74) | M.Diksic | J,JIN,36,477,74 | 7401 |
| Sudar(79) | S.Sudar | J,NP/A,319,157,7904 | 7904 |

8.10.Сечение реакции (n,p)

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|-------------|-----------|-----------------------|---------|
| Minetti(67) | B.Minetti | J,ZP,199,275,6701 | 6701 |
| Prasad(71) | R.Prasad | J,NC/A,3,(3),467,7106 | 7106 |
| Bostan(94) | M.Bostan | J,PR/C,49,266,94 | 94 |

8.11.Сечение реакции (n, α)

| Указатель | 1-й автор | Ссылка | № EXFOR |
|----------------|----------------|------------------------|---------|
| Fessler(00) | A.Fessler | J,NSE,134,(2),171,2000 | 2001 |
| Filatenkov(99) | A.A.Filatenkov | R,RI-252,199905 | 9905 |
| Bostan(94) | M.Bostan | J,PR/C,49,266,94 | 9401 |
| Zupranska(80) | E.Zupranska | J,APP/B,11,853,8011 | 8011 |
| Bormann(65) | M.Bormann | J,NP,63,438,6503 | 6503 |

9. Заключение

9.1.Вывод: в библиотеку РОСФОНД данные для Mn55 приняты в соответствии с оценкой ENDF/B-7.

9.2. Автор обоснования оцененных данных
Забродская С.В.