

## 78. ПЛАТИНА

Полных файлов данных для изотопов платины нет ни в одной из известных библиотек. Для природной платины в ФОНД-2 включена оценка Хавертона (R.J.Hoverton) из библиотеки Ливерморской Лаборатории ENDL-84. Эта же оценка без изменений включена в JEFF-3.1. В других известных библиотеках данных для природной платины не имеется.

### 78.1. Платина-188

Радиоактивна ( $T_{1/2}=10.2$  дн.). Испытывая захват орбитального электрона превращается в иридий-188, а затем ( $T_{1/2}=41.5$  дн.) в стабильный осмий-188. В реакторах может образовываться в ничтожных концентрациях за счет реакции  $(n,3n)$  на  $^{190}\text{Pt}$ , содержание которой в естественной платине 0.01%.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации не имеется.

#### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить МАТ=7888.

#### Автор заключения

Николаев М.Н.

### 78.2. Платина-190

Содержание в естественной смеси 0.014%. Слабо радиоактивна: испытывает альфа-распад ( $T_{1/2}=6.5 \cdot 10^{11}$  лет). в осмий-186, который далее медленно распадается ( $T_{1/2}=6.5 \cdot 10^{11}$  лет) в стабильный вольфрам-182. Полных наборов оцененных нейтронных данных нет. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, с учетом имевшихся на момент оценки экспериментальных данных содержатся в библиотеке EAF-2003. На рис. 1. показана энергетическая зависимость сечения захвата.

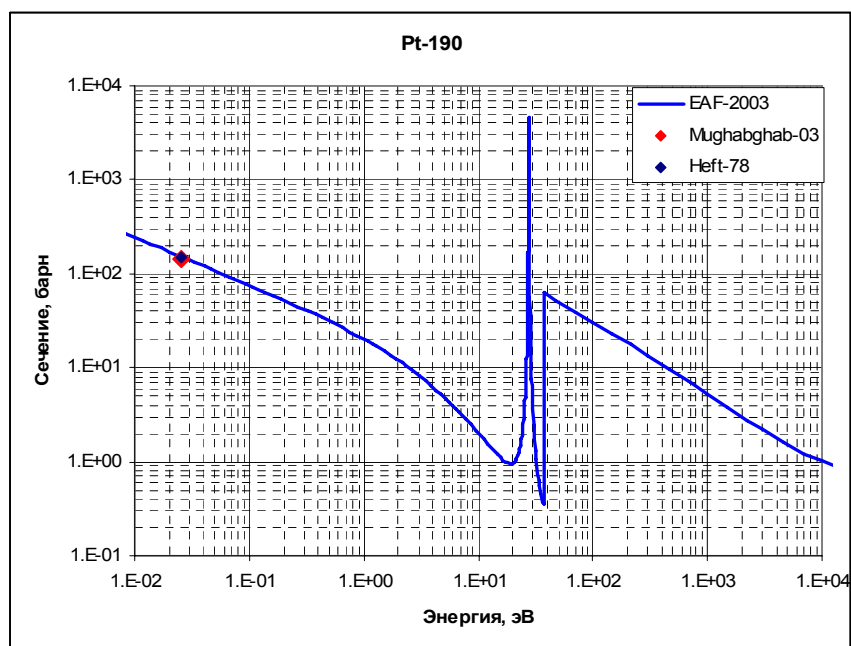


Рис.1. Сечение захвата

В тепловой области и в области первого резонанса оцененные данные соответствуют рекомендациям Мухабхаба 1984 г. Эти рекомендации целиком опирались на эксперимент Хефта. Несмотря на то, что новых данных не появилось (по крайней мере их нет в EXFORe) Мухабхаб в 2003 г. пересмотрел свою рекомендацию и понизил сечение захвата тепловых нейтронов с 152 барн до 142 барн. В EAF-2003 принято 153 барна. Что касается резонансного интеграла, то по Хефту он равен 67 барнам. В последней рекомендации Мухабхаб повысил это значение до 74 барн. Резонансный интеграл, следующий из оценки, много больше – он равен 157 барнам. Заметим, что резонансный интеграл, накопленный до минимума в сечении при 37.25 эВ в оценке равен 76.6 барна, т.е. совпадает с рекомендацией Мухабхаба. Поскольку экспериментальные данные, положенные в основу оценки резонансных параметров неизвестны, трудно сказать, насколько обоснована рекомендация Мухабхаба по резонансному интегралу и сколь значительно расхождение между этой рекомендацией и оценкой. Возможно, радиационная ширина резонанса была принята такой, чтобы вклад этого резонанса обеспечивал весь измеренный резонансный интеграл. В этом случае оценка завышает этот интеграл вдвое. Если же принять параметры первого резонанса в соответствии с рекомендацией Мухабхаба, то вклад резонансов при более высоких энергиях, оцененный в EAF-2003 представляется реалистичным.

### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7890.

В дальнейшем целесообразно провести оценку всех нейтронных данных для платины-190, как и для остальных стабильных изотопов. При этом отмеченное противоречие в оценке резонансного интеграла захвата, возможно, удастся разрешить/

### Автор заключения

Николаев М.Н.

### 78.3. Платина-191

Радиоактивна ( $T_{1/2}=2.862$  дн.). Испытывая захват орбитального электрона превращается в иридий-191. В реакторах может образовываться в малых концентрациях за счет реакции  $^{192}\text{Pt} (n,2n)$  на  $^{190}\text{Pt}$ , содержание которой в естественной платине 0.79%.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации не имеется.

#### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить МАТ=7891.

#### Автор заключения

Николаев М.Н.

### 78.4. Платина-192

Содержание в естественной смеси 0.79%. Полных наборов оцененных нейтронных данных нет. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, с учетом имевшихся на момент оценки экспериментальных данных содержатся в библиотеке EAF-2003. На рис. 1. показана энергетическая зависимость сечения захвата.

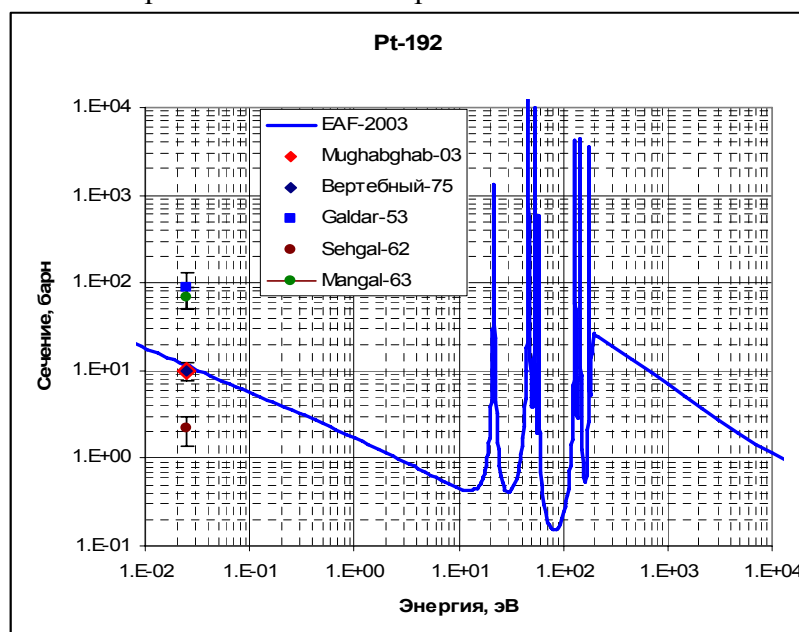


Рис.1. Сечение захвата

В тепловой области и в области первого резонанса оцененные данные соответствуют рекомендациям Мухабхаба 1984 г. Разброс экспериментальных данных огромен. Мухабхаб принял результат Вертебного. В резонансной структуре проявлено 7 первых резонансов, приведенных в атласе Мухабхаба. Их параметры соответствуют

измерениям Вертебного (1975). При более высоких энергиях почти все резонансы пропущены или их параметры не удалось определить. Резонансный интеграл, следующий из оценки, равен 161.3 барн, что заметно превышает рекомендованное Мухабхабом значение  $115 \pm 20$  барн. Интеграл по области 7 разрешенных резонансов равен 122 барнам, т.о. различие обусловлено интерпретацией вкладов неразрешенных резонансов.

Имеются экспериментальные данные по сечению реакции (n,2n) при 14.5 МэВ:

Hankla-72:  $2.035 \pm 0.15$  барн;

Qaim-72:  $2.026 \pm 0.17$  барн.

По оценке EAF-2003 это сечение равно 2.025 барна. Согласие отличное.

### **Заключение**

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании долгоживущих изомеров –  $^{193}\text{Pt}^m$  и  $^{192}\text{Ir}^n$  – перенести в файл MF=9. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7890.

В дальнейшем целесообразно провести оценку всех нейтронных данных для платины-192, как и для остальных стабильных изотопов. При этом отмеченное противоречие в оценке резонансного интеграла захвата, возможно, удастся разрешить.

### **Автор заключения**

Николаев М.Н.

## **78.5. Платина-193**

Радиоактивна ( $T_{1/2}=50$  лет). Испытывая захват орбитального электрона превращается в иридий-193. В реакторах может образовываться в малых концентрациях за счет реакций  $^{192}\text{Pt} (n,\gamma)$  и  $^{194}\text{Pt} (n,2n)$ .

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации не имеется.

### **Заключение**

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании долгоживущих изомеров –  $^{193}\text{Ir}^n$  и  $^{194}\text{Ir}^m$  – перенести в файл MF=9. В файле MF=10 сохранить лишь сечение образования изомера  $^{193}\text{Pt}$  при неупругом рассеянии.

Файлу присвоить MAT=7893.

### **Автор заключения**

Николаев М.Н.

## **78.6. Платина-193m**

Радиоактивна ( $T_{1/2}=4.33$  дн.). Испытывает изомерный переход в основное состояние.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании долгоживущих изомеров –  $^{193}\text{Ir}^n$  и  $^{194}\text{Ir}^m$  – перенести в файл MF=9. В файле MF=10 сохранить лишь сечение образования основного состояния  $^{193}\text{Pt}$  при неупругом рассеянии.

Файлу присвоить MAT=7813.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

## 78.7. Платина-194

Содержание в естественной смеси 32.967%. Полных наборов оцененных нейтронных данных нет. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, с учетом имевшихся на момент оценки экспериментальных данных содержатся в библиотеке EAF-2003. На рис. 1. показана энергетическая зависимость сечения захвата. В отличие от платины-192, в этом случае Мухабхаб существенно понизил рекомендованное им значение теплового сечения – с 1.44 барна до 0.58 барна. Рекомендованное им значение резонансного интеграла сохранилось –  $3.1 \pm 0.1$  барна. Из оценки EAF-2003 и в этом случае следует более высокое значение – 9.64 барна.

На рис. 1б оцененные сечения захвата сравниваются с экспериментальными данными при более высоких энергиях. Оценка идет много выше результата Бира при 23.5 кэВ. Полученное им значение – 31 миллибарн – представляется чрезмерно заниженным. Устранение отмеченных расхождений – задача предстоящей в будущем оценки. В области 1 – 3 МэВ оцененная кривая проходит практически прямо по экспериментальным точкам Воинджера.

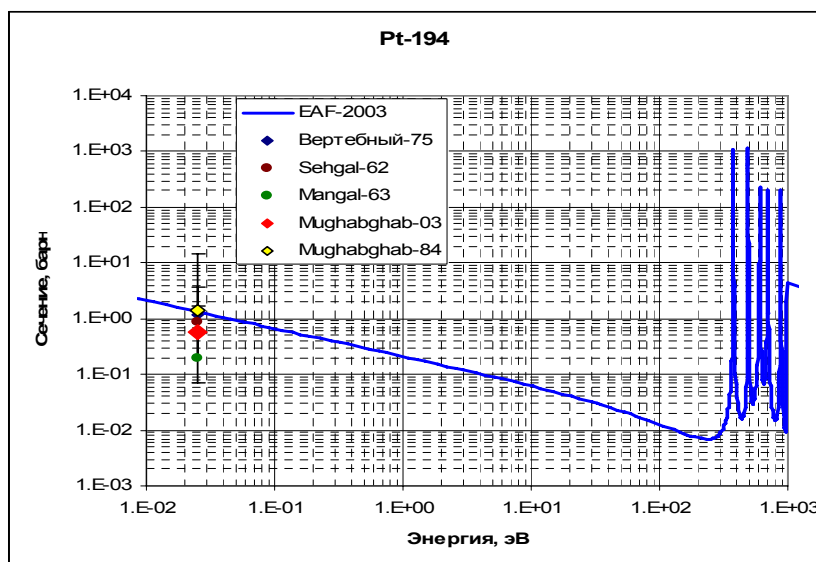


Рис.1а. Сечение захвата

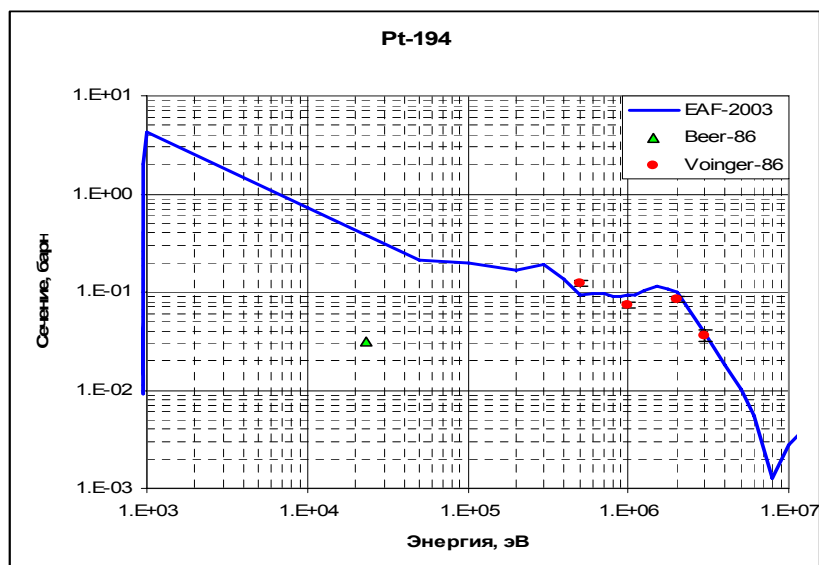


Рис.16. Сечение захвата

Имеются экспериментальные данные по сечению реакции  $(n,\alpha)$  при 14.5 МэВ: Coleman-59:  $1.26 \pm 0.24$  миллибарн; это заметно выше оцененного сечения при этой энергии - 0.8 миллибарн.

Имеются также данные по сечению реакции  $(n,p)$  при той же, примерно, энергии:

Hankla-72:  $4.3 \pm 0.6$  миллибарн;

Qaim-77:  $3.9 \pm 0.5$  миллибарн;

Coleman-59:  $3.9 \pm 0.4$  миллибарн;.

По оценке EAF-2003 это сечение равно 3.95 миллибарн. Согласие отличное.

### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании долгоживущих изомеров –  $^{193}\text{Pt}^m$ ,  $^{195}\text{Pt}^m$ ,  $^{192}\text{Ir}^n$ ,  $^{193}\text{Ir}^m$  и  $^{194}\text{Ir}^m$  – перенести в файл MF=9. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7894.

В дальнейшем целесообразно провести оценку всех нейтронных данных для платины-194, как и для остальных стабильных изотопов. При этом отмеченные противоречия в оценке резонансного интеграла захвата, возможно, удастся разрешить.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

## 78.8. Платина-195

Содержание в естественной смеси 33.832%. Полных наборов оцененных нейтронных данных нет. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, с учетом имевшихся на момент оценки экспериментальных данных содержатся в библиотеке EAF-2003. На рис. 1. показана энергетическая зависимость сечения захвата. Экспериментальные данные скудны, но хорошо согласуются друг с другом. Мухабхаб, правда, чуть изменил в 2003 г. свою рекомендацию по сравнению с предыдущей: с 27.5 на 28.5, т.е. ближе к результату Вертебного ( $30 \pm 1.2$  барна). Из оценки EAF-2003 следует 27.55 барна.

Резонансный интеграл по Мухабхабу равен  $365 \pm 50$  барн, а из оценки - 374 барна.

Как видно из рис.1, в случае платины-195 учтены резонансы почти до 1 кэВ; их вклад в резонансный интеграл как раз и составляет рекомендуемые Мухабхабом 365 барн.

При энергиях выше 1 кэВ экспериментальных данных нет.

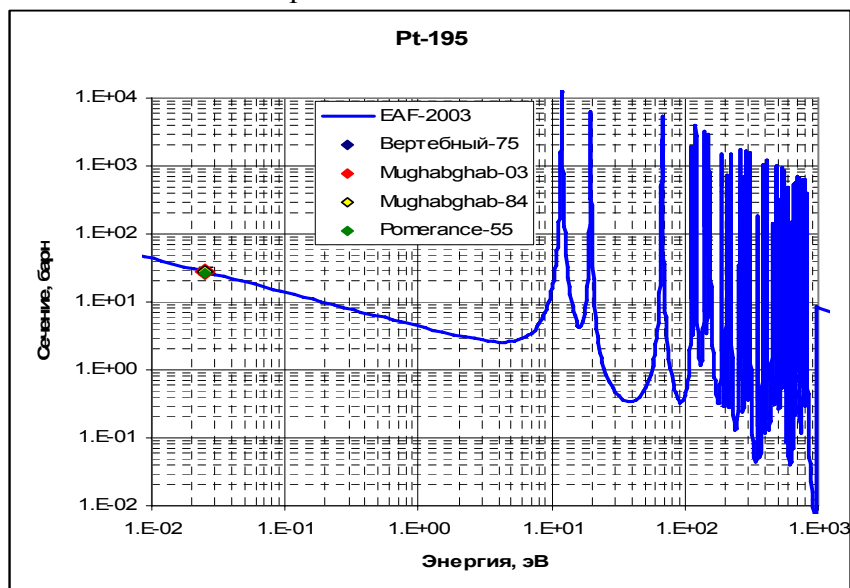


Рис.1. Сечение захвата

Имеются экспериментальные данные по сечению реакции (n,p) при 14.5 МэВ:  
Coleman-59:  $2.9 \pm 0.3$  миллибарн;  
Qaim-77:  $1.3 \pm 0.2$  миллибарн.  
Это заметно ниже оцененного сечения при этой энергии 4.1 миллибарна.

#### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании долгоживущих изомеров –  $^{193}\text{Pt}^m$ ,  $^{195}\text{Pt}^m$ ,  $^{192}\text{Ir}^n$ ,  $^{193}\text{Ir}^m$  и  $^{194}\text{Ir}^m$  – перенести в файл MF=9. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить МАТ=7895.

В дальнейшем целесообразно провести оценку всех нейтронных данных для платины-195, как и для остальных стабильных изотопов. При этом отмеченные противоречия в оценке резонансного интеграла захвата, возможно, удастся разрешить.

#### Автор заключения

Николаев М.Н.

### 78.9. Платина-195m

Радиоактивна ( $T_{1/2}=4.02$  дн.). Испытывает изомерный переход в основное состояние.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

#### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании долгоживущих изомеров –  $^{193}\text{Pt}^m$ ,  $^{192}\text{Ir}^n$ ,  $^{193}\text{Ir}^m$  и  $^{194}\text{Ir}^m$  – перенести в файл MF=9. В файле MF=10 сохранить лишь сечение образования основного состояния  $^{195}\text{Pt}$  при неупругом рассеянии.

Файлу присвоить МАТ=7815.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

## 78.10. Платина-196

Содержание в естественной смеси 25.242%. Полных наборов оцененных нейтронных данных нет. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, с учетом имевшихся на момент оценки экспериментальных данных содержатся в библиотеке EAF-2003. На рис. 1. показана энергетическая зависимость сечения захвата. Экспериментальные данные в тепловой точке расходятся друг с другом более, чем на оцененные погрешности. Из оценки EAF-2003 следует 0.71 барна, что согласуется с прежним усреднением данных Мухабхабом:  $0.76 \pm 0.19$  барна. В 2003 г. Мухабхаб рекомендует уже иную цифру:  $0.41 \pm 0.19$  барна, с которой оценка существенно расходится.

Резонансный интеграл по Мухабхабу равен  $5.1 \pm 0.3$  барн, а из оценки следует 7.21 барна, из которых 5 барн определяются разрешенными резонансами.

При энергиях выше 10 кэВ экспериментальных данных немного. Результаты измерений при 24 кэВ в оценке проигнорированы.

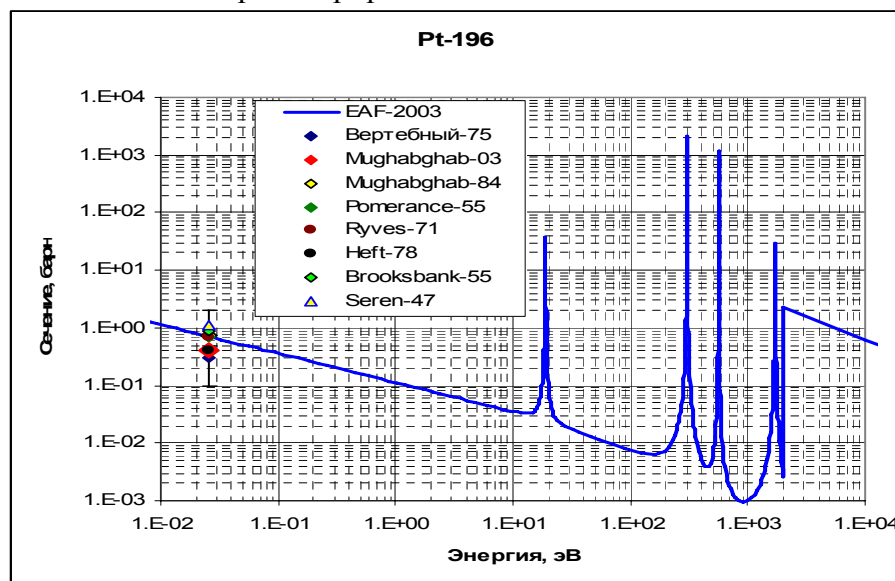


Рис.1а. Сечение захвата



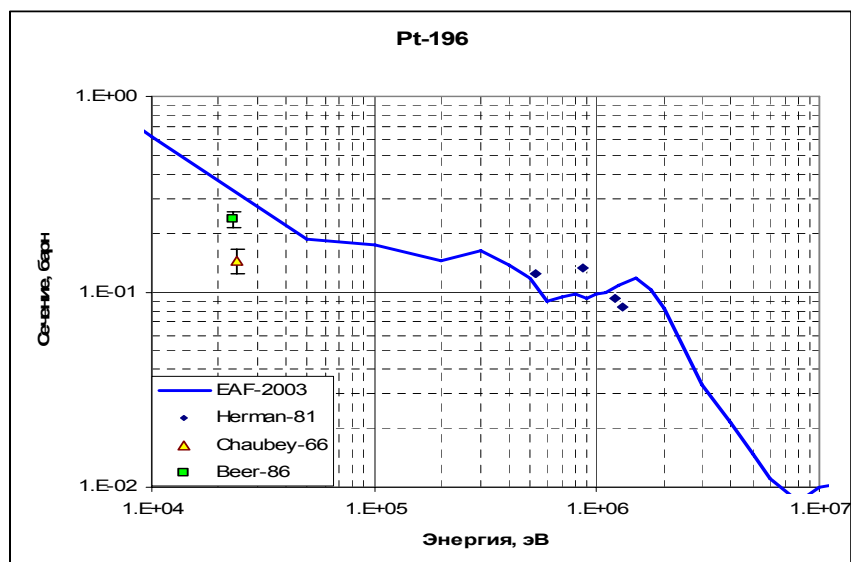


Рис.16. Сечение захвата

Имеются экспериментальные данные по сечению реакции  $(n,\alpha)$  при 14.5 МэВ: Coleman-59:  $0.55 \pm 0.1$  миллибарн; это совпадает с оцененным сечением при этой энергии. Имеются также данные по сечению реакции  $(n,p)$  при той же, примерно, энергии: Vonach-66:  $1.68 \pm 0.25$  миллибарн; По оценке EAF-2003 это сечение равно 1.3 миллибарн. Согласие приемлемое.

### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить. Данные об образовании долгоживущих изомеров  $^{195}\text{Pt}^m$ ,  $^{192}\text{Ir}^n$ ,  $^{193}\text{Ir}^m$  и  $^{194}\text{Ir}^m$  – перенести в файл MF=9.

Файлу присвоить MAT=7898.

В дальнейшем целесообразно провести оценку всех нейтронных данных для платины-198, как и для остальных стабильных изотопов. При этом отмеченные противоречия в оценке резонансного интеграла захвата, возможно, удастся разрешить.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

## 78.11. Платина-198

Содержание в естественной смеси 7.163%. Полных наборов оцененных нейтронных данных нет. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, с учетом имевшихся на момент оценки экспериментальных данных содержатся в библиотеке EAF-2003. На рис. 1. показана энергетическая зависимость сечения захвата. Экспериментальные данные в тепловой точке прекрасно согласуются друг с другом. Из оценки EAF-2003 следует 3.44 барна, что согласуется с усреднением данных Мухабхабом:  $3.66 \pm 0.19$  барна.

Резонансный интеграл по Мухабхабу равен  $54 \pm 4$  барн, а из оценки, в отличие от более легких изотопов, даже ниже : 50.1 барна, т.е..

При энергиях выше 10 кэВ экспериментальные данные весьма разбросаны, наличие в части этих данных больших систематических погрешностей очевидно. Однако, можно считать, что оценка совокупности экспериментальных данных не противоречит.

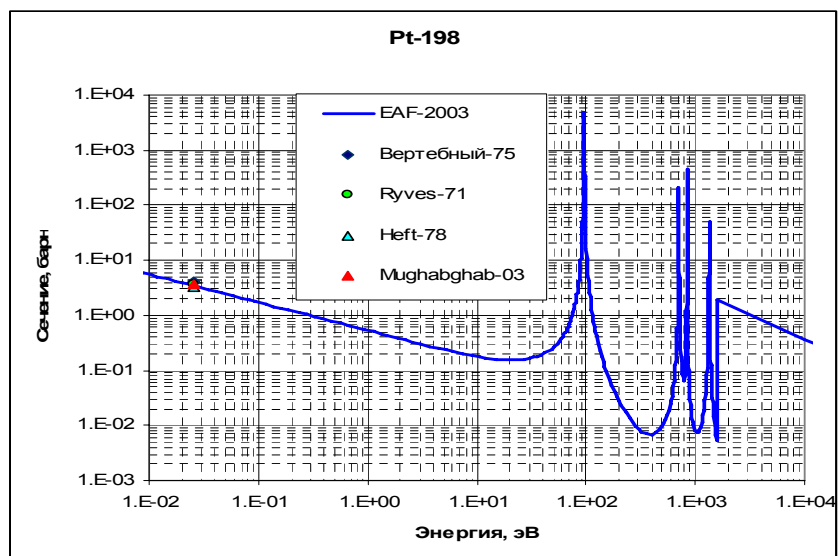


Рис.1а. Сечение захвата

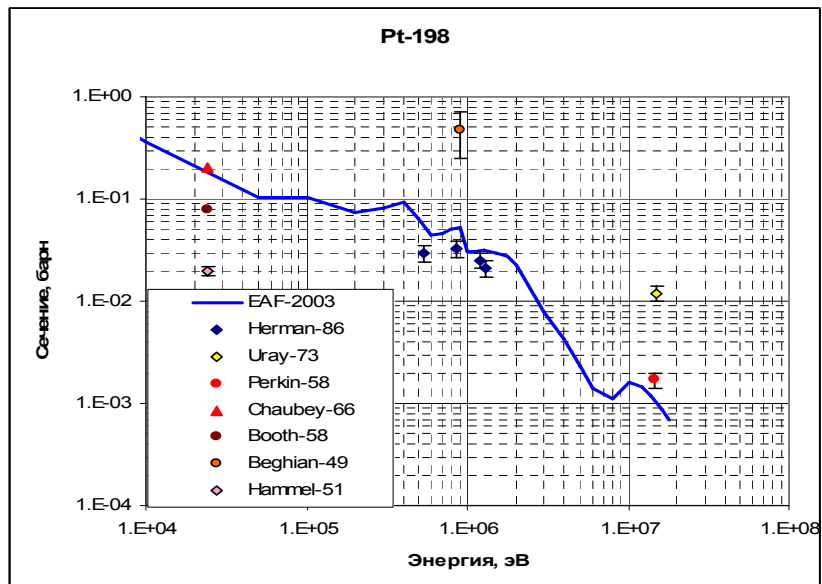


Рис.1б. Сечение захвата

### Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить МАТ=7898.

В дальнейшем целесообразно провести оценку всех нейтронных данных для платины-198, как и для остальных стабильных изотопов. При этом отмеченные противоречия в оценке резонансного интеграла захвата, возможно, удастся разрешить.

### Автор заключения

Николаев М.Н.

## 78.12. Платина-202

Радиоактивна ( $T_{1/2}=44$  ч.). Испытывая бета-распад превращается в золото-202, а затем ( $T_{1/2}=28$  с.) в стабильную ртуть-202. В реакторах может образовываться в ничтожных концентрациях за счет реакции ( $n, {}^3\text{He}$ ) на  ${}^{204}\text{Hg}$ , содержание которой в естественной ртути 6.87%.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации не имеется.

### **Заключение**

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7802.

### **Автор заключения**

Николаев М.Н.

## **78.13. Природная платина**

Природная платина содержит 6 изотопов:

${}^{190}\text{Pt}$  – 0.014%;

${}^{192}\text{Pt}$  – 0.792%;

${}^{194}\text{Pt}$  – 32.967%;

${}^{195}\text{Pt}$  – 33.832%;

${}^{196}\text{Pt}$  – 25.242%;

${}^{198}\text{Pt}$  – 7.163%;

Имеющуюся единственную оценку легко раскритиковать: в ней не учтена достаточно детально резонансная структура сечений. Область разрешенных резонансов отсутствует, несмотря на то, что для всех основных изотопов известны резонансные параметры до 1 – 2 кэВ. Тем не менее, основные резонансные особенности сечений в оценке отражение нашли (см. рис.1а, б и в). Резонансы при 12эВ, 19 эВ, 67 эВ принадлежат платине-195; резонанс при 46 эВ – платине-192; при 94 эВ – платине-198.

Резонансная структура сечения рассеяния выражена слабее, чем это следует из резонансных параметров.

Тепловое сечение захвата согласно оценке равно 8.0 барн, что существенно ниже величины, оцененной Мухабхабом на основе совокупности экспериментальных данных для природной платины и данных для изотопов –  $10.3 \pm 0.3$  барна. Занижен и резонансный интеграл: 111.5 барн вместо рекомендуемых Мухабхабом  $140 \pm 6$  барн и 130.8 барн, получаемых в результате усреднения резонансных интегралов изотопов.

При занесении данных в РОСФОНД в сечение захвата следует внести коррективу, соответственно увеличив сечение в низкоэнергетической области, где оно подчиняется закону  $1/v$ . При внесении этой коррективы были устранены неоправданные флуктуации сечения рассеяния в низкоэнергетической области и, естественно, изменено полное сечение. Откорректировать резонансный интеграл много труднее: для этого следует менять не только сечение захвата, но и полное сечение, и сечение рассеяния в резонансной области. Между тем структура сечения рассеяния в резонансной области в оценке выражена существенно слабее, чем это следует из резонансных параметров. Очевидно, что требуется введение секции резонансных параметров, что означает оценку отдельных файлов для изотопов платины, поскольку границы областей разрешенных резонансов у разных изотопов существенно различны. Очевидно, создание этих файлов выходит за рамки настоящей работы.

Вне резонансной области полное сечение и сечение радиационного захвата сравниваются с имеющимися экспериментальными данными, соответственно, на рис. 2 и 3. Из рис. 2 видно. Что полное сечение в окрестности 1 МэВ явно недооценено. Что касается сечения захвата, то его оценка не противоречит имеющимся экспериментальным данным.

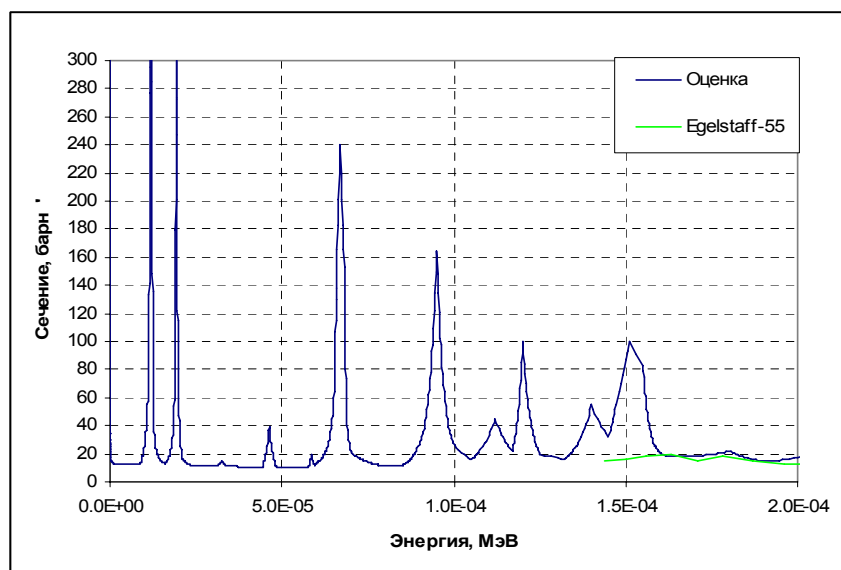


Рис.1а. Полное сечение в резонансной области.

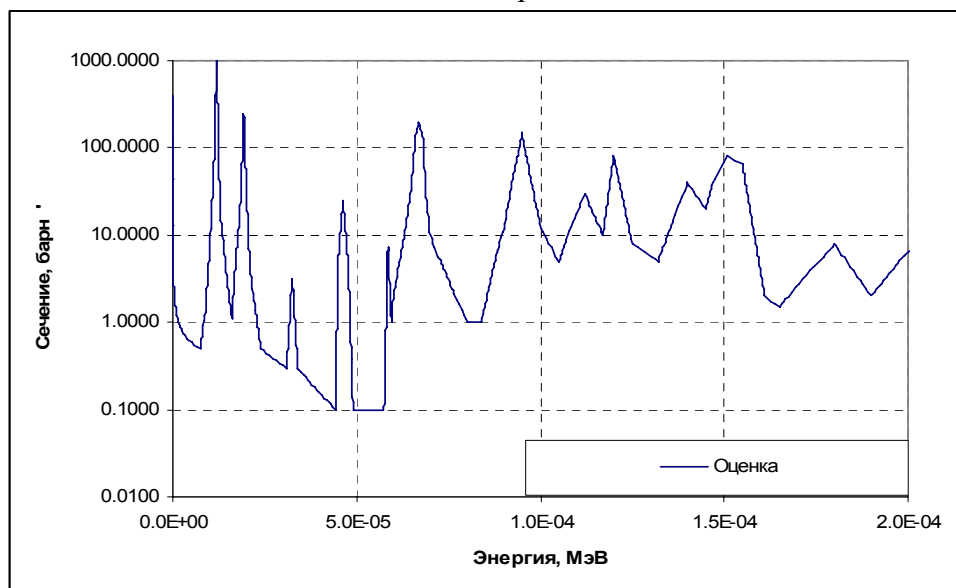


Рис.1б. Сечение захвата в резонансной области.

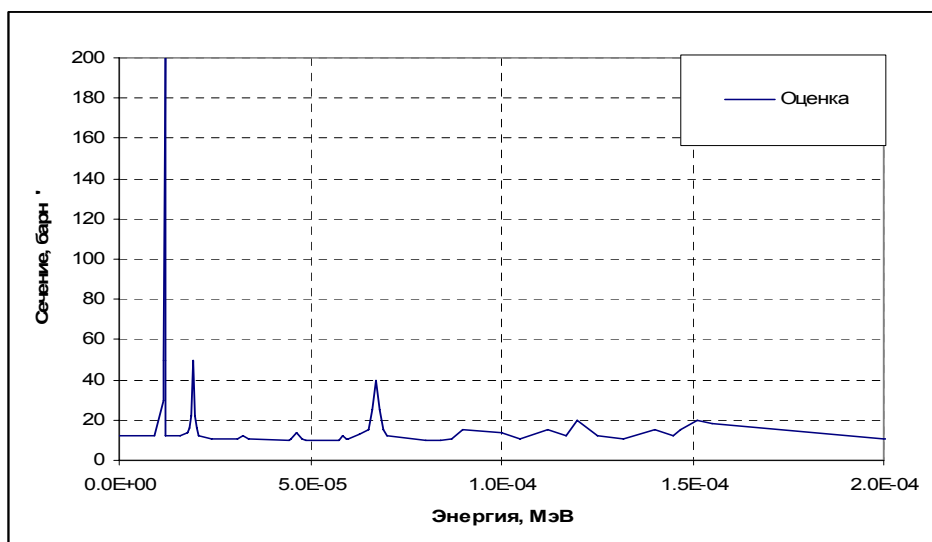


Рис.1в. Сечение рассеяния в резонансной области.

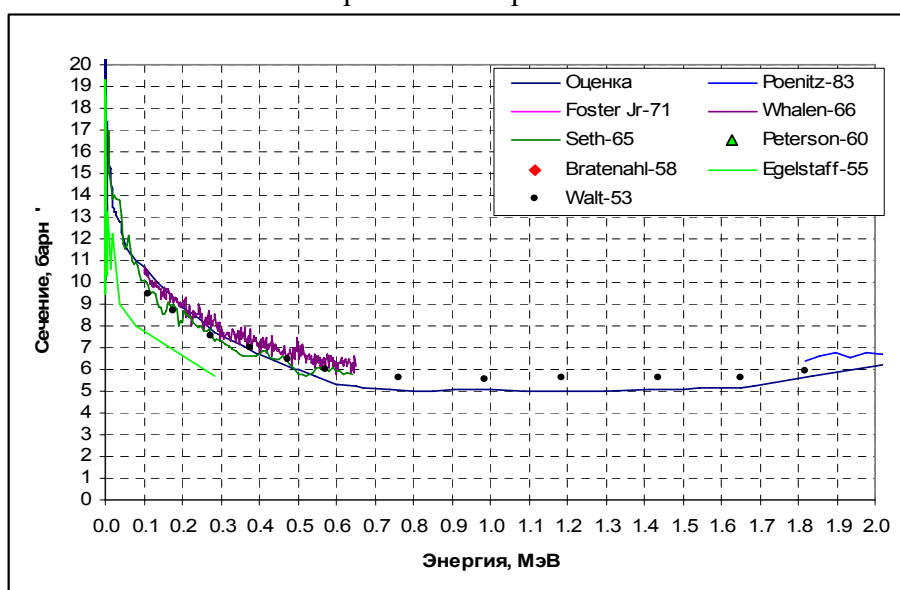


Рис.2а. Полное сечение

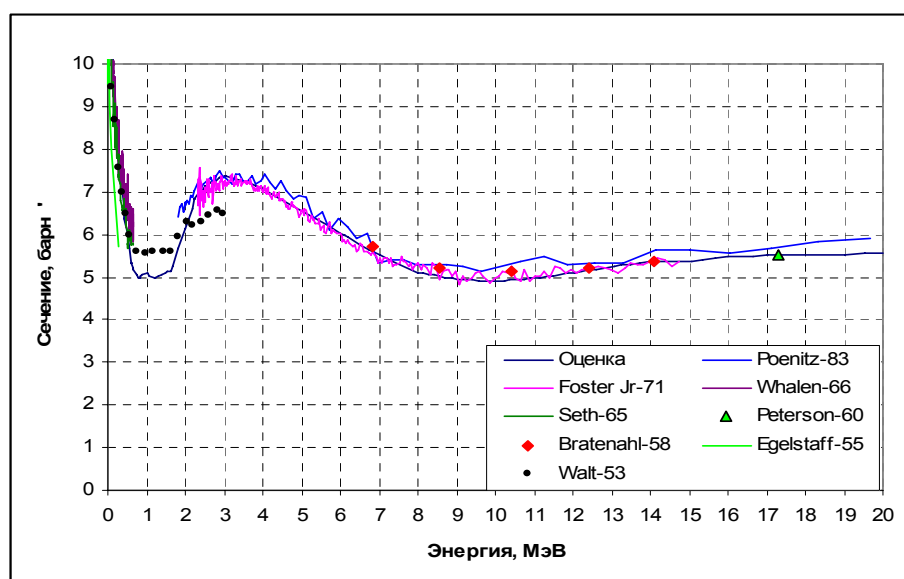


Рис.2б. Полное сечение

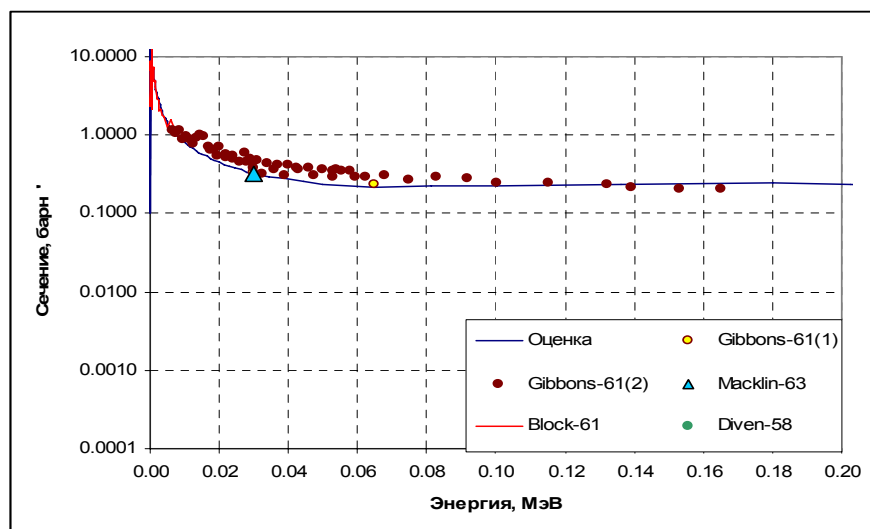


Рис. 3а. Сечение захвата.

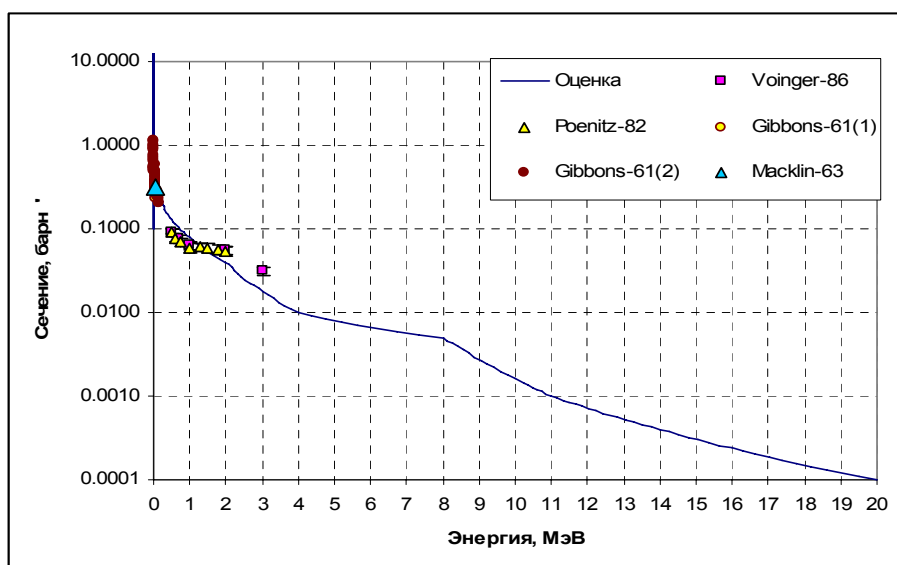


Рис.3б. Сечение захвата.

Сечение неупругого рассеяния в рассматриваемой оценке описывается возбуждением континуума уровней. Порог принят равным 150 кэВ. Экспериментальные данные по сечению неупругого рассеяния отсутствуют. Сечения других пороговых реакций, наличествующих в файле, сравнивать с экспериментами смысла не имеет: это будет сделано ниже при обсуждении файлов для изотопов.

### Заключение.

По необходимости в РОСФОНД следует включить оценку Хавертона, откорректированную указанным выше образом.

Выполнение полных оценок нейтронных данных для стабильных изотопов платины следует считать одной из первоочередных задач на будущее.

### Автор заключения

Николаев М.Н.