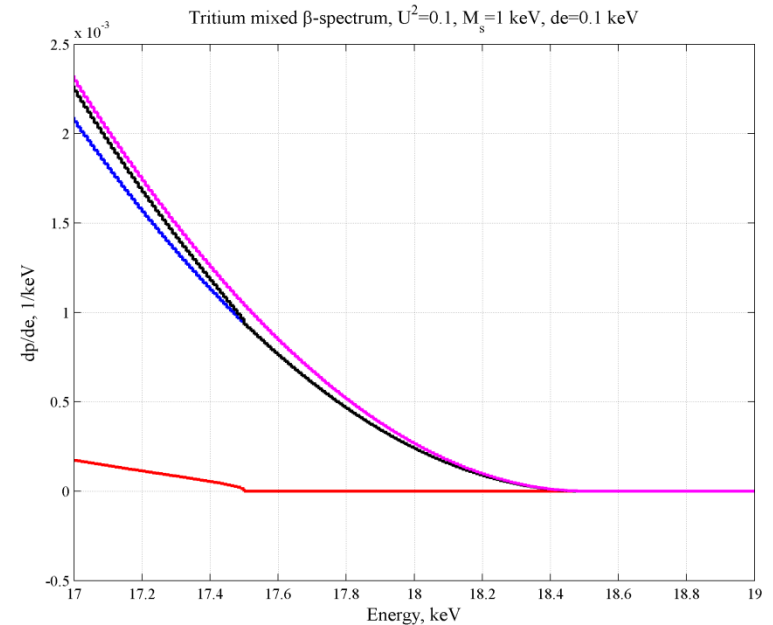
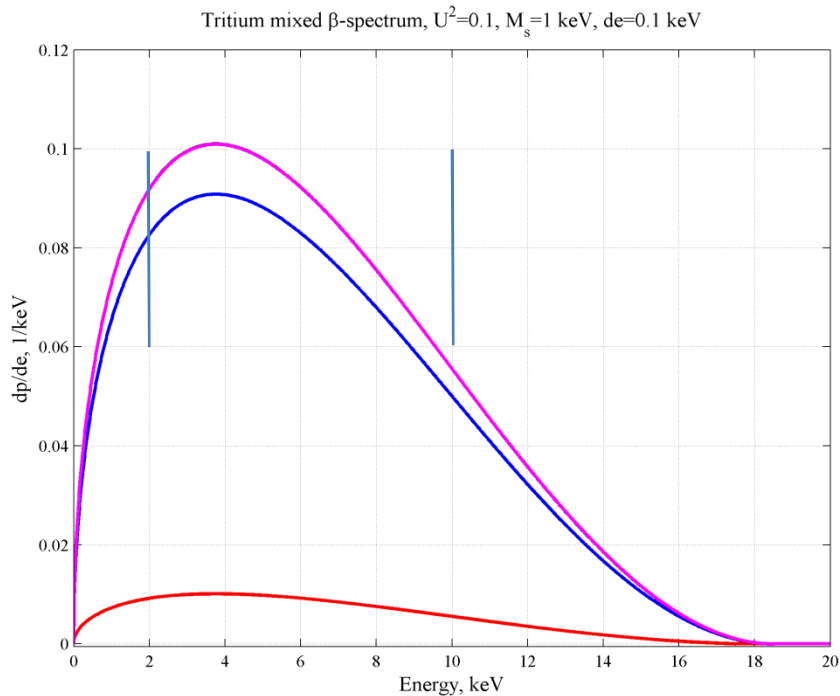


# Сигнал стерильных нейтрино при регистрации распадов трития в пропорциональном счетчике

Абдурашитов Д.Н.

Троицк, ИЯИ РАН, 18.06.2013

# Проявление примеси стерильных $n_s$



$$M_s = 1 \text{ кэВ}, \quad U^2 = 0.1$$

Цвета:

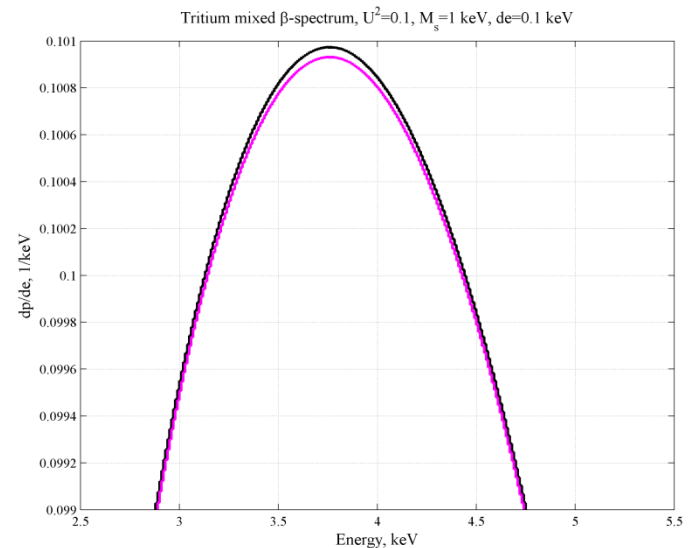
Фиолет – чистый спектр без примеси

Синий – чистый спектр без примеси ( $\times 0.9$ )

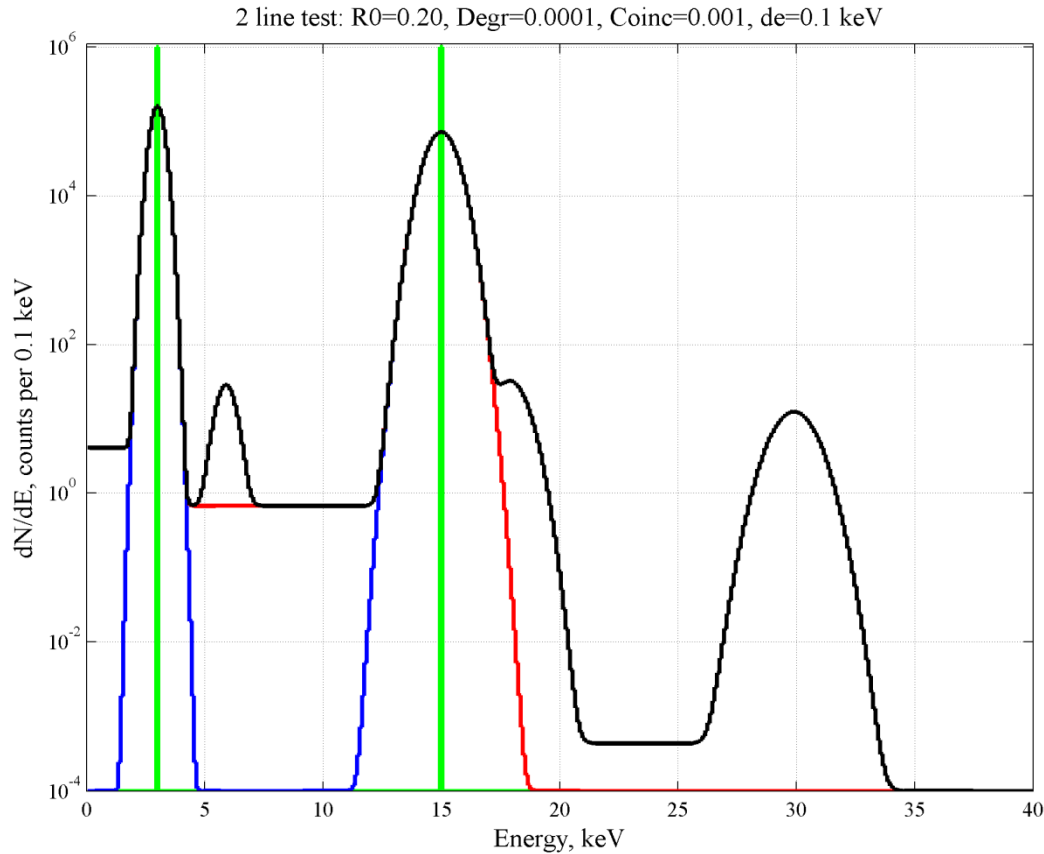
Красн – чистая примесь ( $\times 0.1$ )

Черный – смешанный спектр

в соотношении  $0.9+0.1$



# Модель подложки и наложений



2 линии в спектре, кэВ:  
2.8 – К-пик аргона  
15 – просто линия

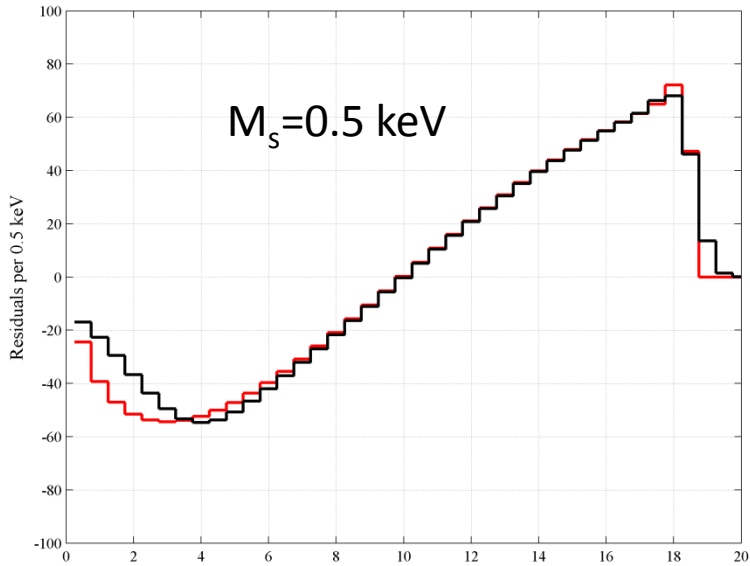
Разрешение на 10.4 кэВ:  
 $R=20\%$

Коэффициент подложки:  
 $D=0.0001$

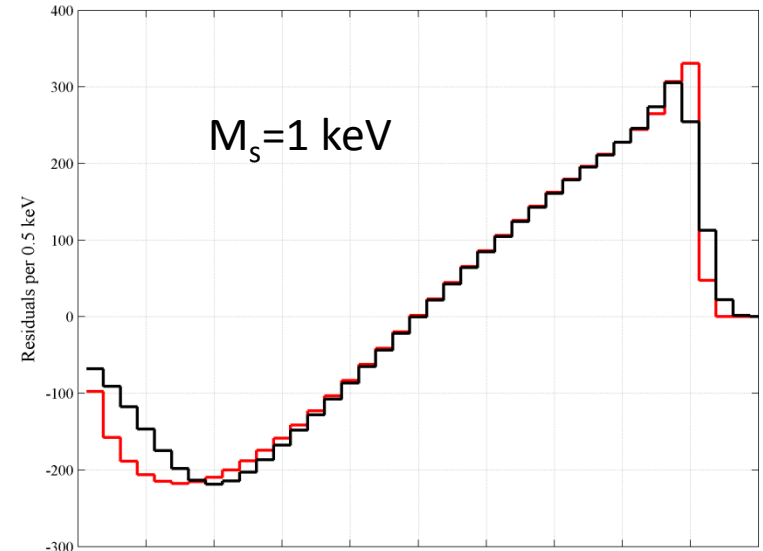
Доля случайных  
совпадений:  
 $C=0.001$

# Модель разностного спектра

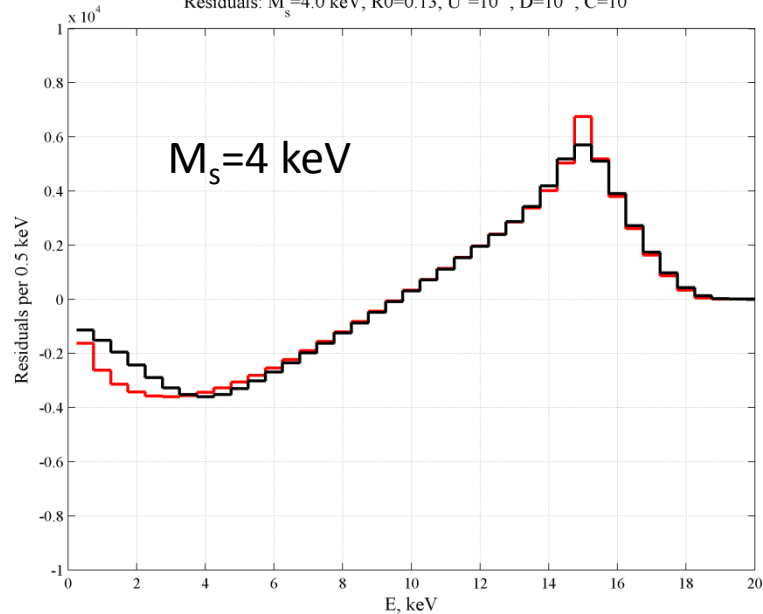
Residuals:  $M_s=0.5$  keV,  $R0=0.13$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $D=10^{-3}$ ,  $C=10^{-3}$



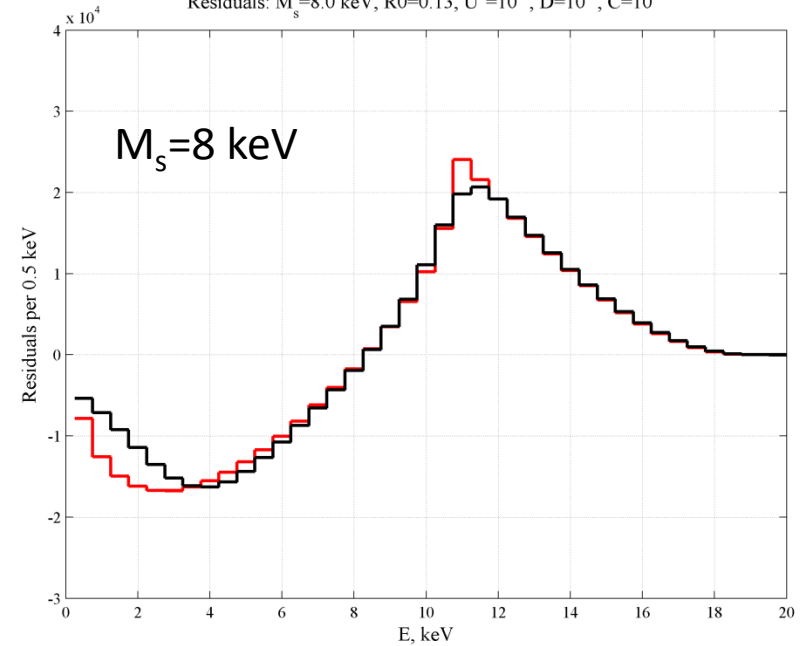
Residuals:  $M_s=1.0$  keV,  $R0=0.13$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $D=10^{-3}$ ,  $C=10^{-3}$



Residuals:  $M_s=4.0$  keV,  $R0=0.13$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $D=10^{-3}$ ,  $C=10^{-3}$



Residuals:  $M_s=8.0$  keV,  $R0=0.13$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $D=10^{-3}$ ,  $C=10^{-3}$



# Амплитуда сигнала

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| Интервал фитирования                     | 2-10 кэВ  |
| Интервал оценки сигнала                  | 10-19 кэВ |
| Доля полного спектра на интервале оценки | ~70%      |

|                                             |      |      |     |     |    |    |     |
|---------------------------------------------|------|------|-----|-----|----|----|-----|
| $M_s$ , кэВ                                 | 0.1  | 0.5  | 1   | 2   | 4  | 6  | 8   |
| Сигнал $I_{dif}$ в долях от полного спектра | 0.02 | 0.40 | 1.6 | 6.5 | 27 | 64 | 124 |

единицы  $10^{-3} * U^2$

Пример расчета сигнала для  $M_s = 1$  кэВ,  $U^2 = 10^{-4}$  и  $N = 10^{13}$

$$I_{dif} = 1.6 * 10^{-3} * 10^{-4} * 10^{13} = 1.6 * 10^6 \text{ отсчетов}$$

$$\text{Неопределенность 3-сигма: } 3 * \sqrt{0.7 * 10^{13}} = 8 * 10^6 \text{ отсчетов}$$

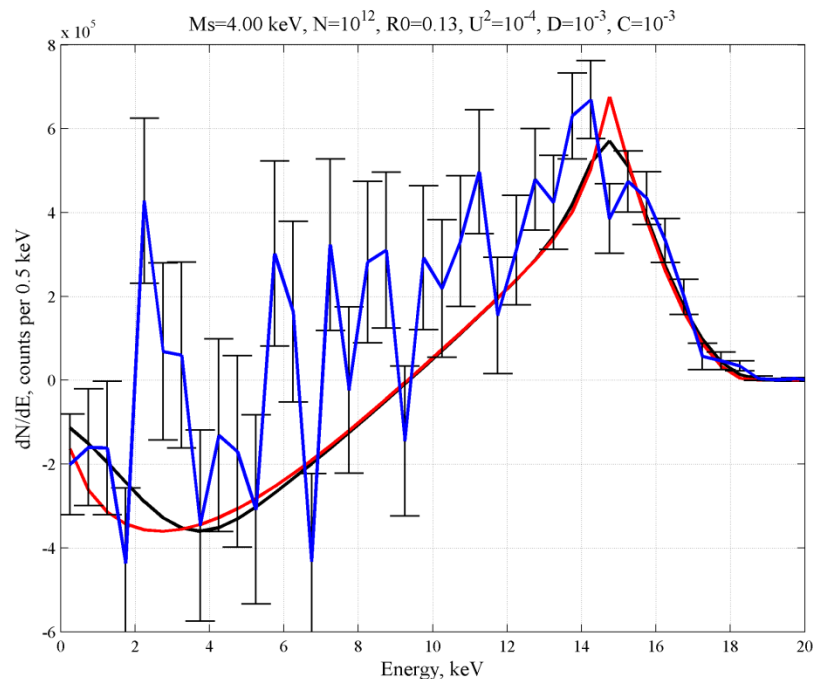
Сигнал меньше неопределенности --- принимаем за предел

# Сигнал для случая $U^2=10^{-4}$ и $N=10^{12}$

Значения  $\text{Degr}=\text{Coinc}=10^{-3}$   
Неопределенности – 3-сигма

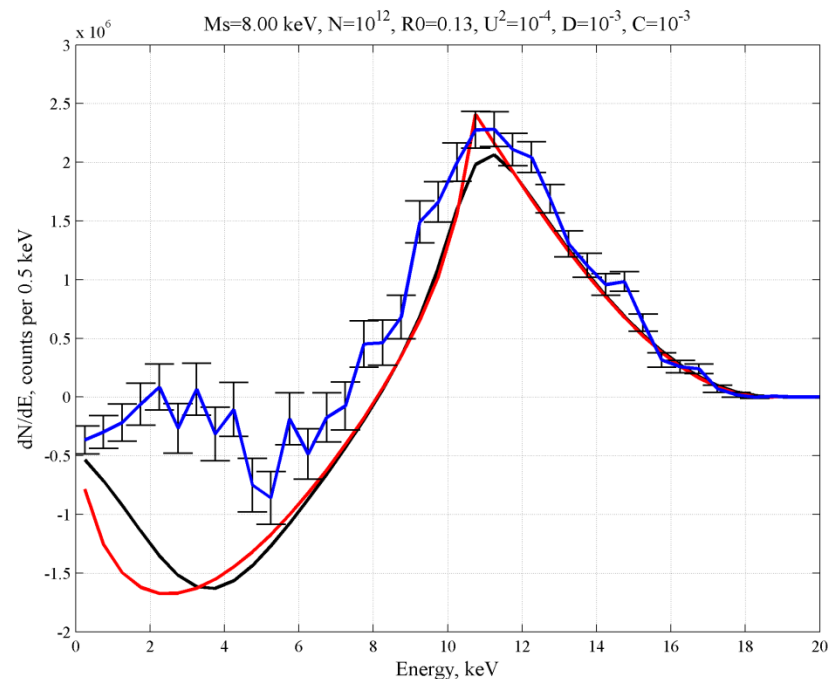
$N=10^{12}$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $R=0.13$

$M_s = 4$  кэВ



$N=10^{12}$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $R=0.13$

$M_s = 8$  кэВ

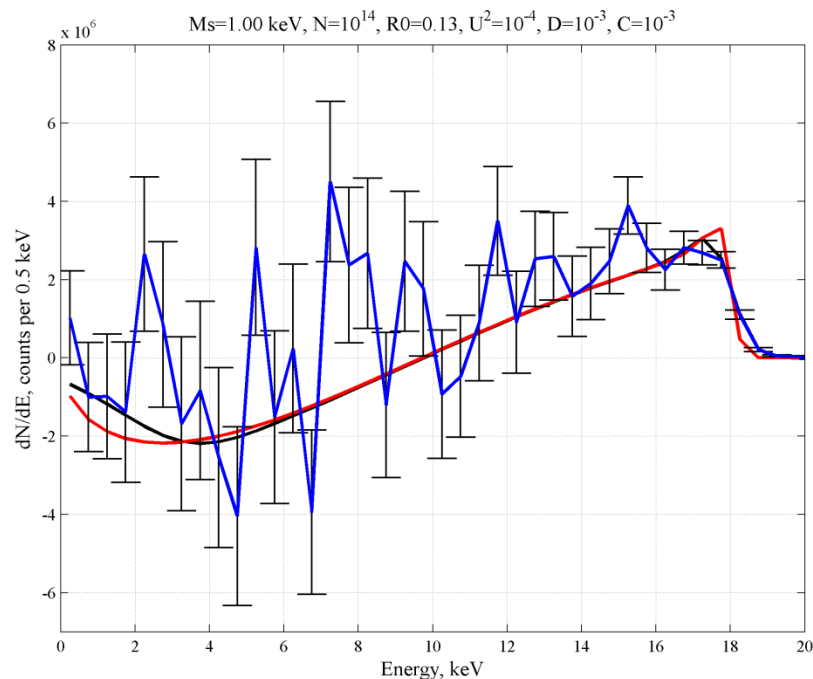


# Сигнал для случая $U^2=10^{-4}$ и $N=10^{14}$

Значения  $\text{Degr}=\text{Coinc}=10^{-3}$   
Неопределенности – 3-сигма

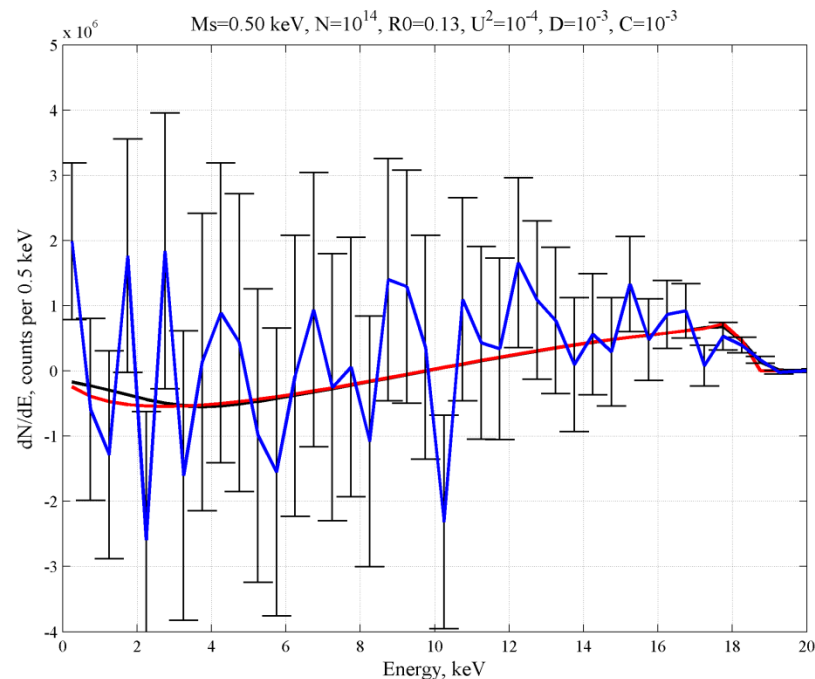
$N=10^{14}$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $R=0.13$

$M_s = 1$  кэВ



$N=10^{14}$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $R=0.13$

$M_s = 0.5$  кэВ

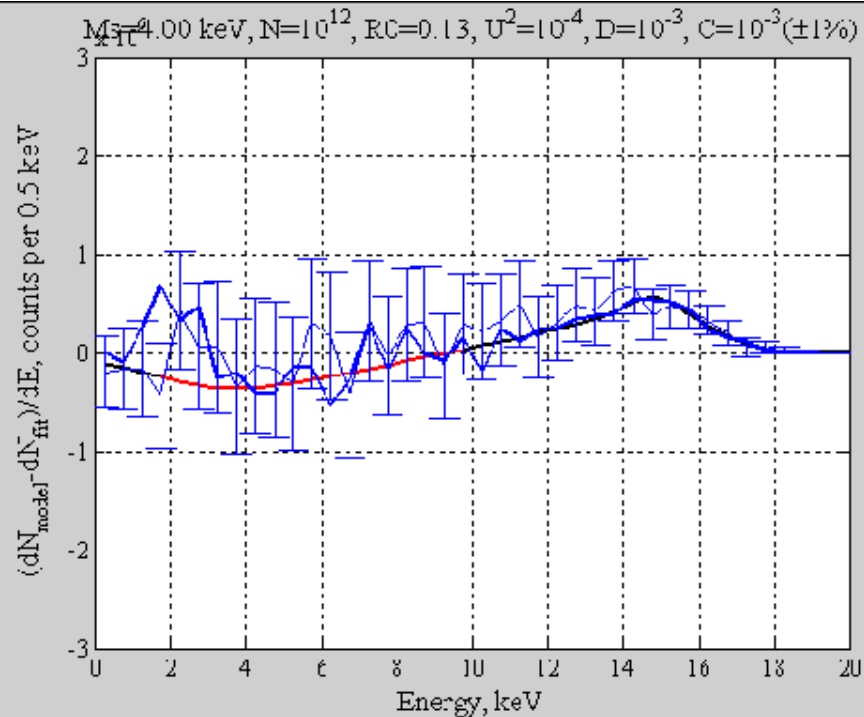


# Динамика систематического воздействия

Учетные факторы воздействия – прямоугольная подложка и случайные наложения

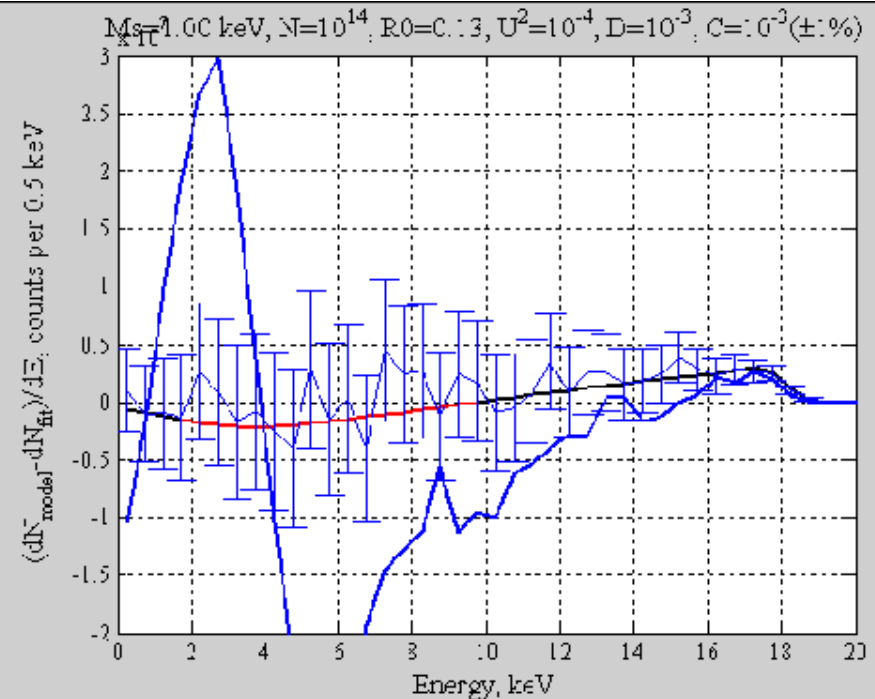
Диапазон вариаций Degr и Coinc:  $\pm 1\%$  с шагом  $0.1\%$   
при центральных значениях  $\text{Degr}=\text{Coinc}=10^{-3}$   
Неопределенности – 3-сигма

$M_s=4$  кэВ,  $N=10^{12}$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $R=0.13$   
вариация наложений



Cm40n12u4f210

$M_s=1$  кэВ,  $N=10^{14}$ ,  $U^2=10^{-4}$ ,  $R=0.13$   
вариация подложки



Dm10n14u4f210

# Систематика при нулевом сигнале, $N=10^{12}$

Учетные факторы воздействия – прямоугольная подложка и случайные наложения

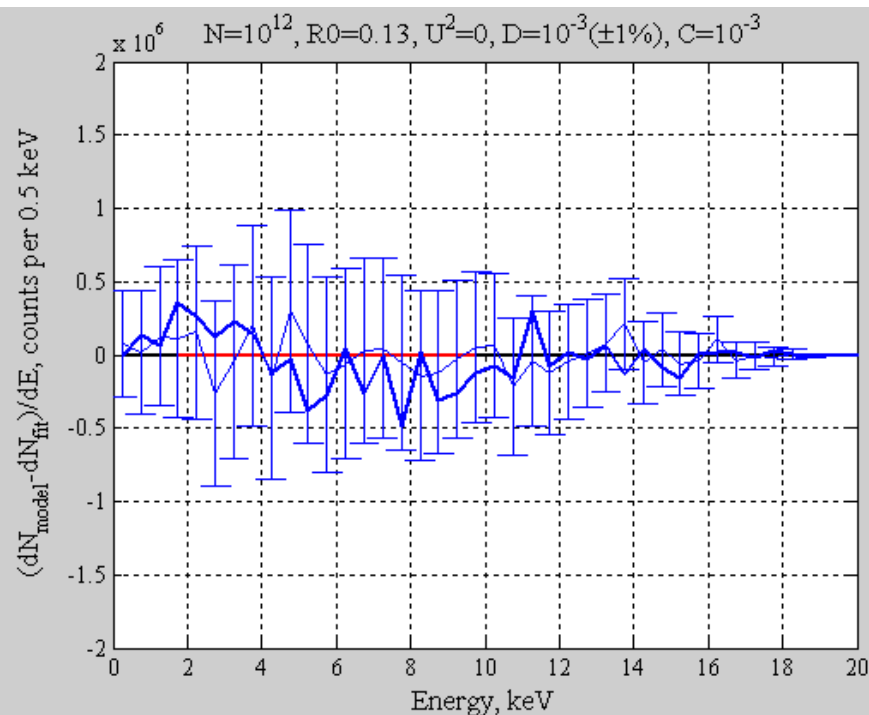
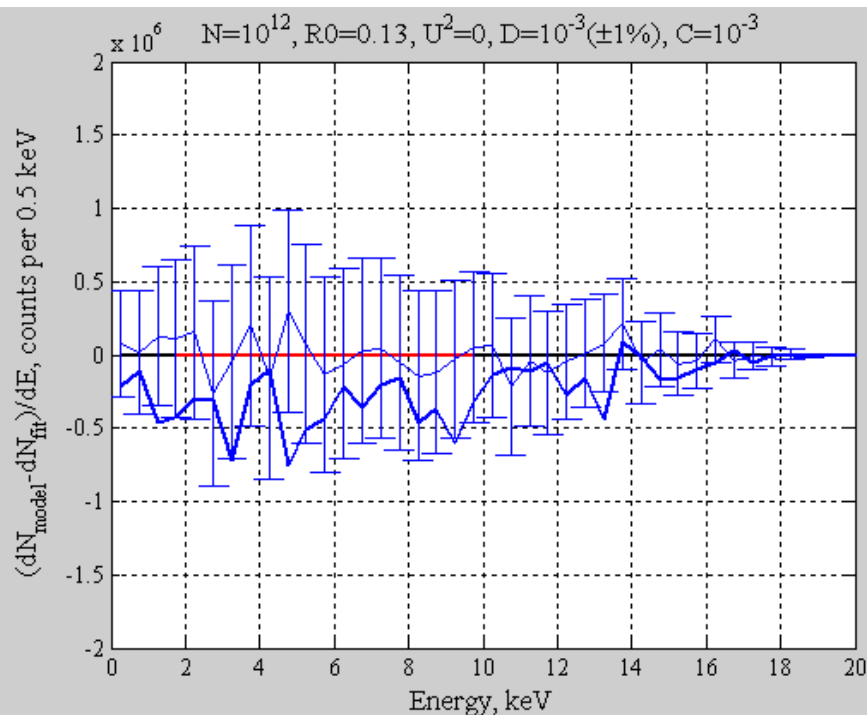
Диапазон вариаций Degr и Coinc:  $\pm 1\%$  с шагом  $0.1\%$

при центральных значениях  $\text{Degr}=\text{Coinc}=10^{-3}$

Неопределенности – 3-сигма

$N=10^{12}$ ,  $U^2=0$ ,  $R=0.13$   
вариация наложений

$N=10^{12}$ ,  $U^2=0$ ,  $R=0.13$   
вариация подложки



# Систематика при нулевом сигнале, $N=10^{14}$

Учетные факторы воздействия – прямоугольная подложка и случайные наложения

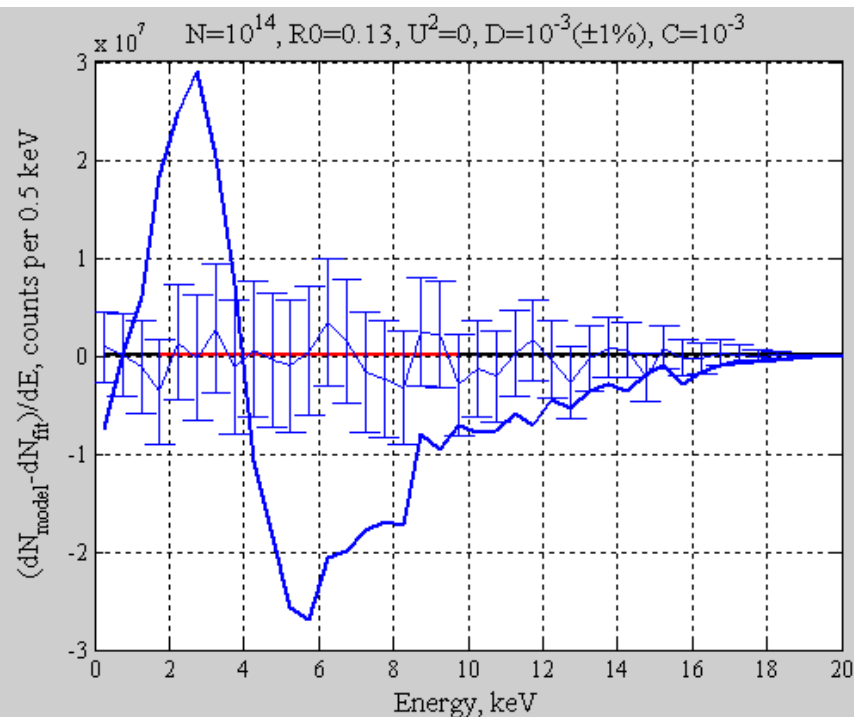
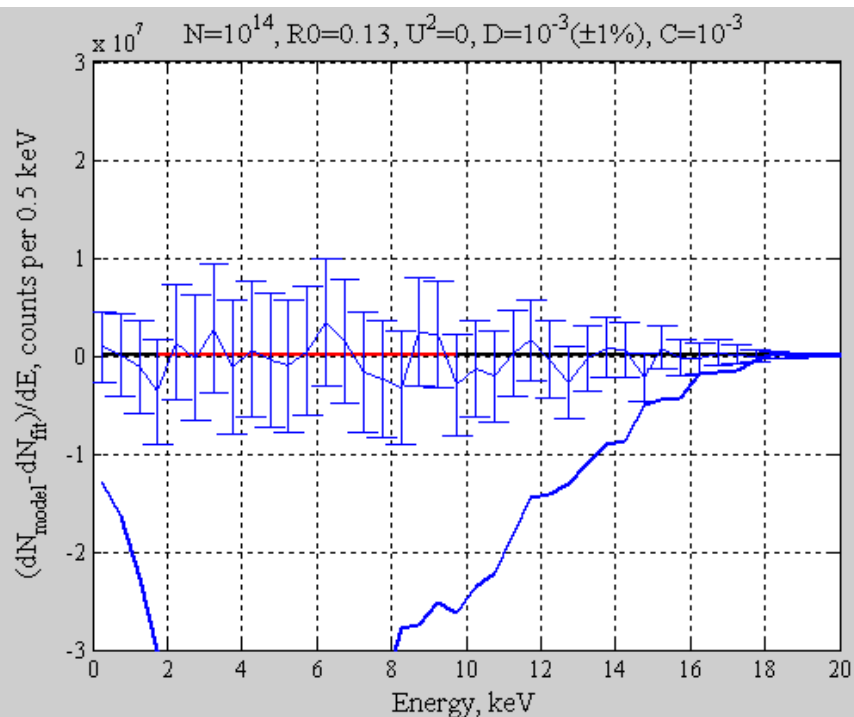
Диапазон вариаций Degr и Coinc:  $\pm 1\%$  с шагом  $0.1\%$

при центральных значениях  $\text{Degr}=\text{Coinc}=10^{-3}$

Неопределенности – 3-сигма

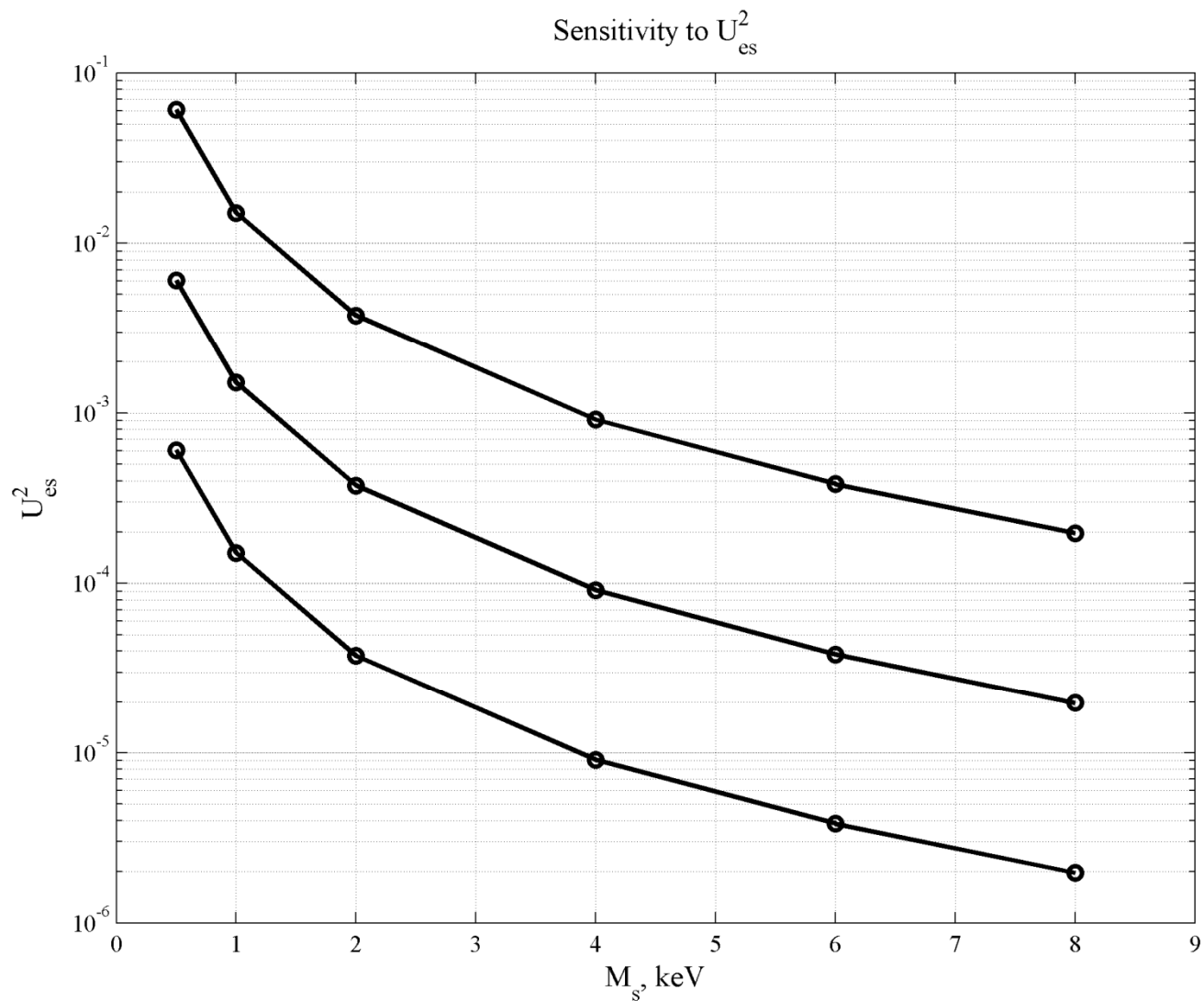
$N=10^{14}$ ,  $U^2=0$ ,  $R=0.13$   
вариация наложений

$N=10^{14}$ ,  $U^2=0$ ,  $R=0.13$   
вариация подложки

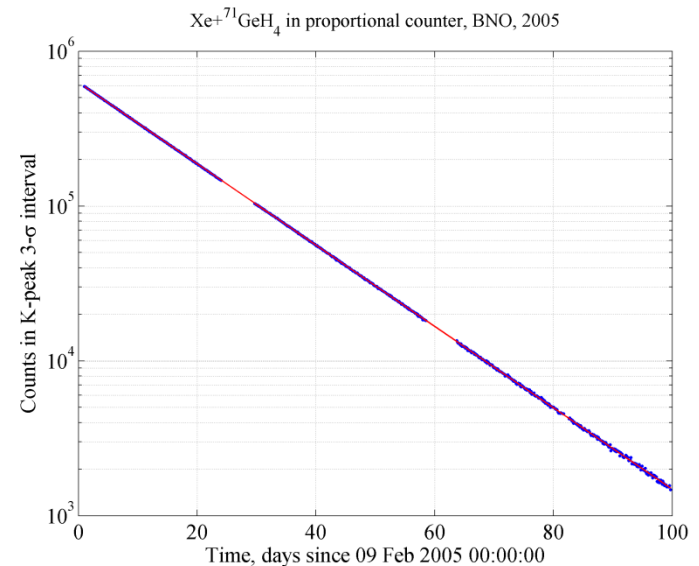
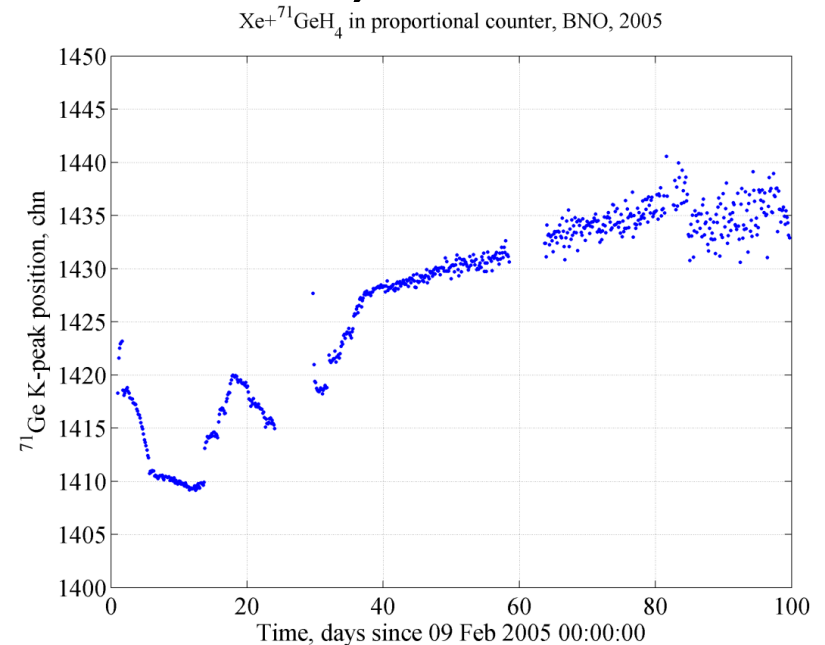
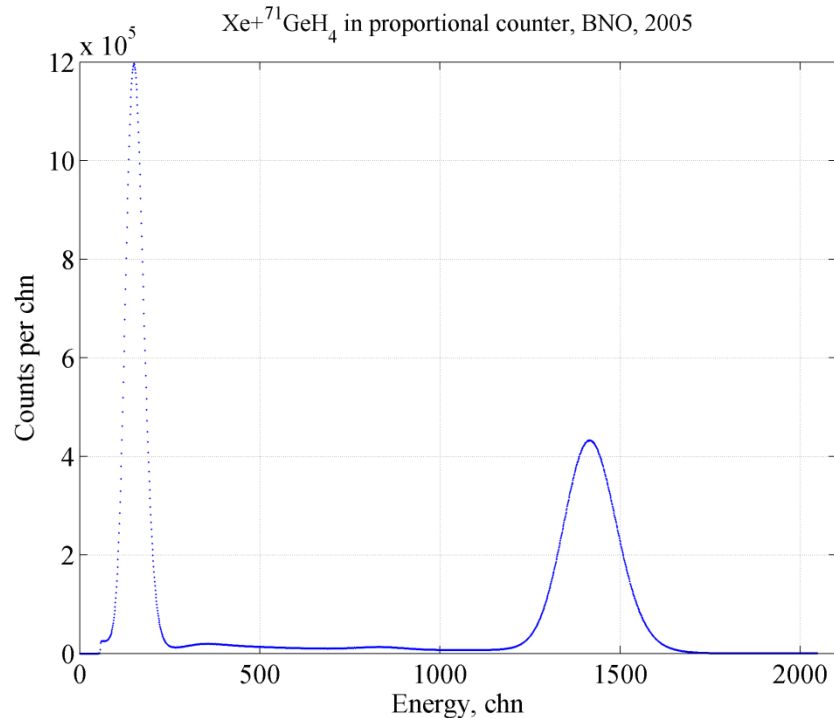


# Чувствительность к $n_s$

Неопределенность на уровне 3-сигма



# Распады $^{71}\text{Ge}$ в пропсчетчике, БНО 2005

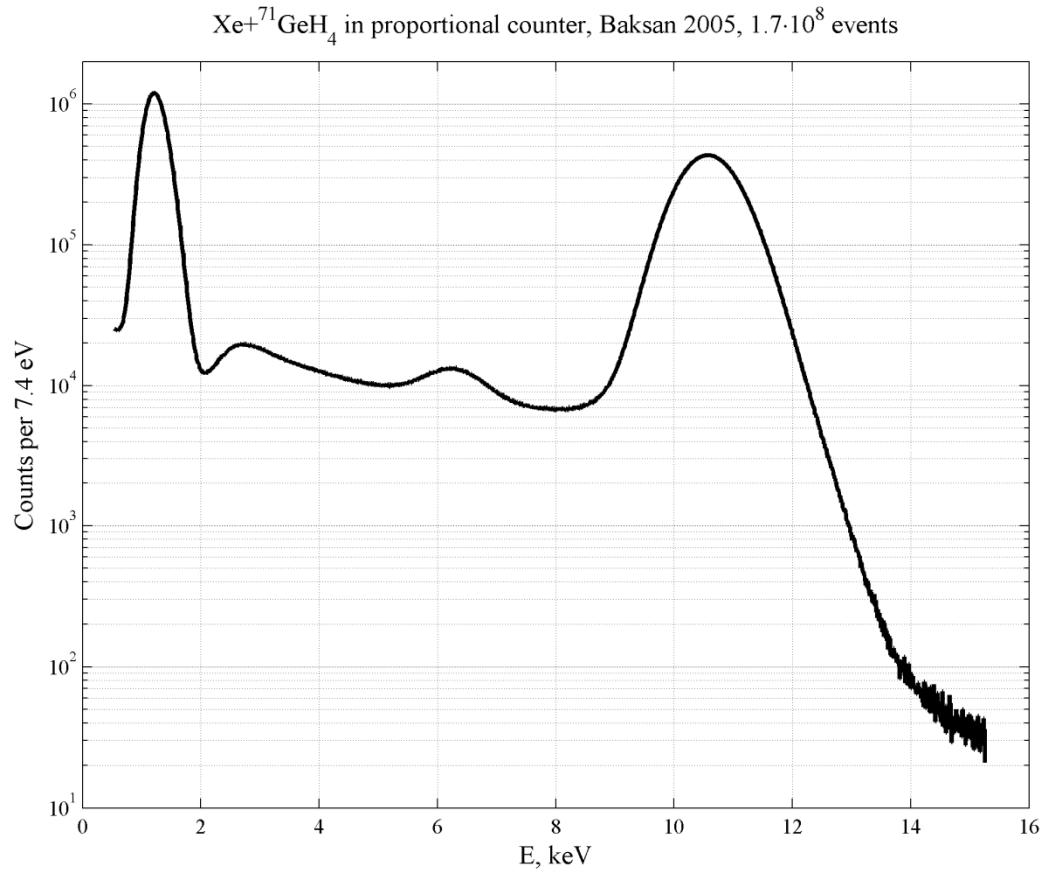


Статистика в спектре –  $1.7 \cdot 10^8$  событий  
Время набора – 3 месяца по 3 часа  
Вариации К-пика:  $\pm 1\%$   
Разрешение в К-пике: 13%  
Начальная скорость:  $130 \text{ с}^{-1}$ ,  $dT \sim 30 \text{ мкс}$   
Счетчик с железным катодом

# Излучение при распаде $^{71}\text{Ge}$ и $^{37}\text{Ar}$

| Sum Energy of<br>Auger Electrons<br>(keV) | Energy of<br>x-ray<br>(keV) | Percent of<br>All Decays | Decay<br>Mode |
|-------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------|
| 10.367                                    | 0.0                         | 41.4                     | K             |
| 1.299                                     | 0.0                         | 10.3                     | L             |
| 1.143                                     | 9.224                       | 13.7                     | K             |
| 1.116                                     | 9.251                       | 27.4                     | K             |
| 0.160                                     | 0.0                         | 2.0                      | M             |
| 0.107                                     | 10.260                      | 1.7                      | K             |
| 0.103                                     | 10.264                      | 3.5                      | K             |
| 2.823                                     | 0.0                         | 81.5                     | K             |
| 0.270                                     | 0.0                         | 8.9                      | L             |
| 0.202                                     | 2.621                       | 2.7                      | K             |
| 0.201                                     | 2.622                       | 5.5                      | K             |
| 0.018                                     | 0.0                         | 0.9                      | M             |
| 0.007                                     | 2.816                       | 0.5                      | K             |

# Спектр $^{71}\text{Ge}$ в счетчике



Линии в спектре, кэВ:

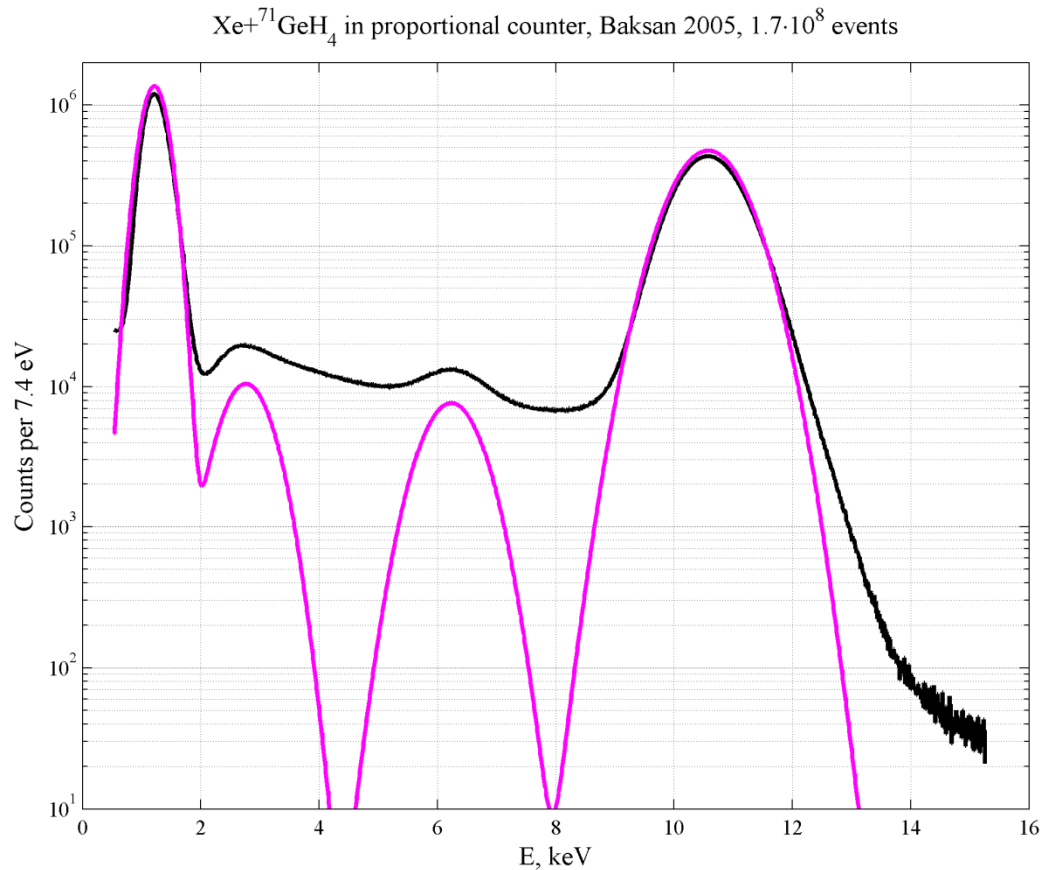
1.2 – L-пик германия

2.7 – аргон?

6.4 - железо

10.4 – K-пик германия

# Спектр $^{71}\text{Ge}$ в счетчике



Линии в спектре, кэВ:

1.2 – L-пик германия

2.7 – аргон?

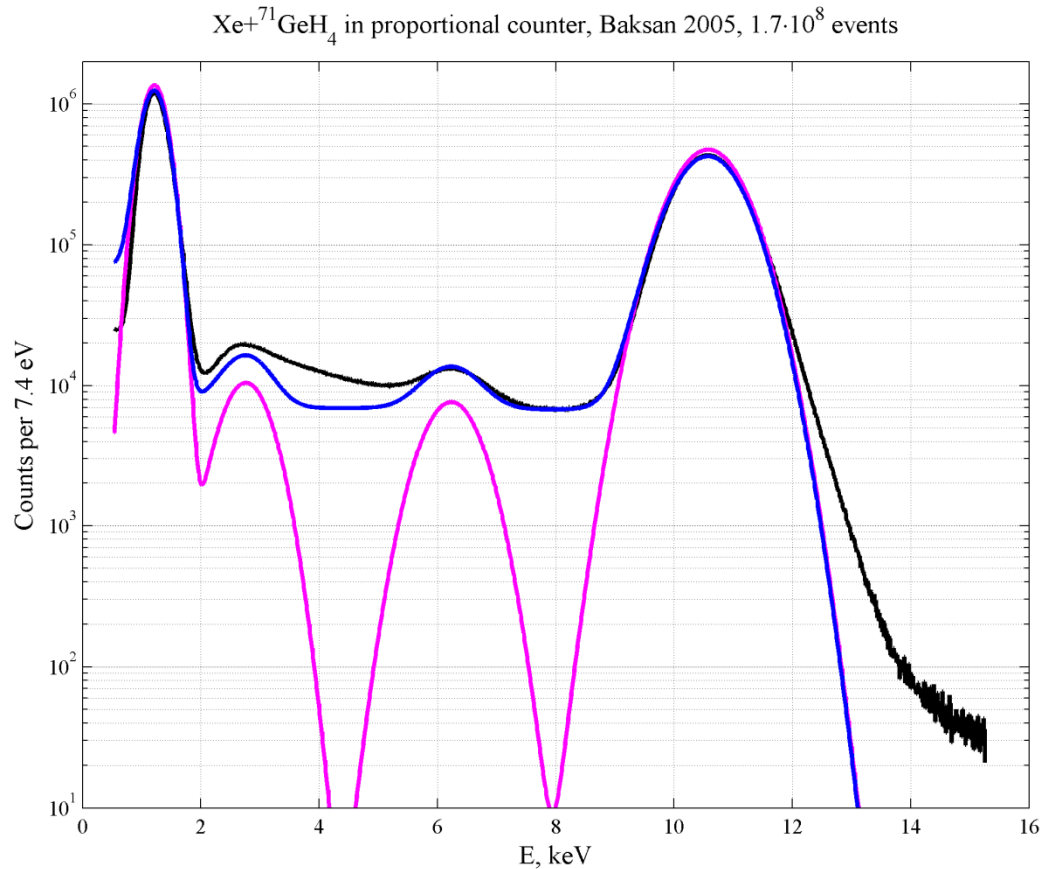
6.4 - железо

10.4 – K-пик германия

Разрешение на 10.4 кэВ:

$R=13\%$

# Спектр $^{71}\text{Ge}$ в счетчике



Линии в спектре, кэВ:

1.2 – L-пик германия

2.7 – аргон?

6.4 - железо

10.4 – K-пик германия

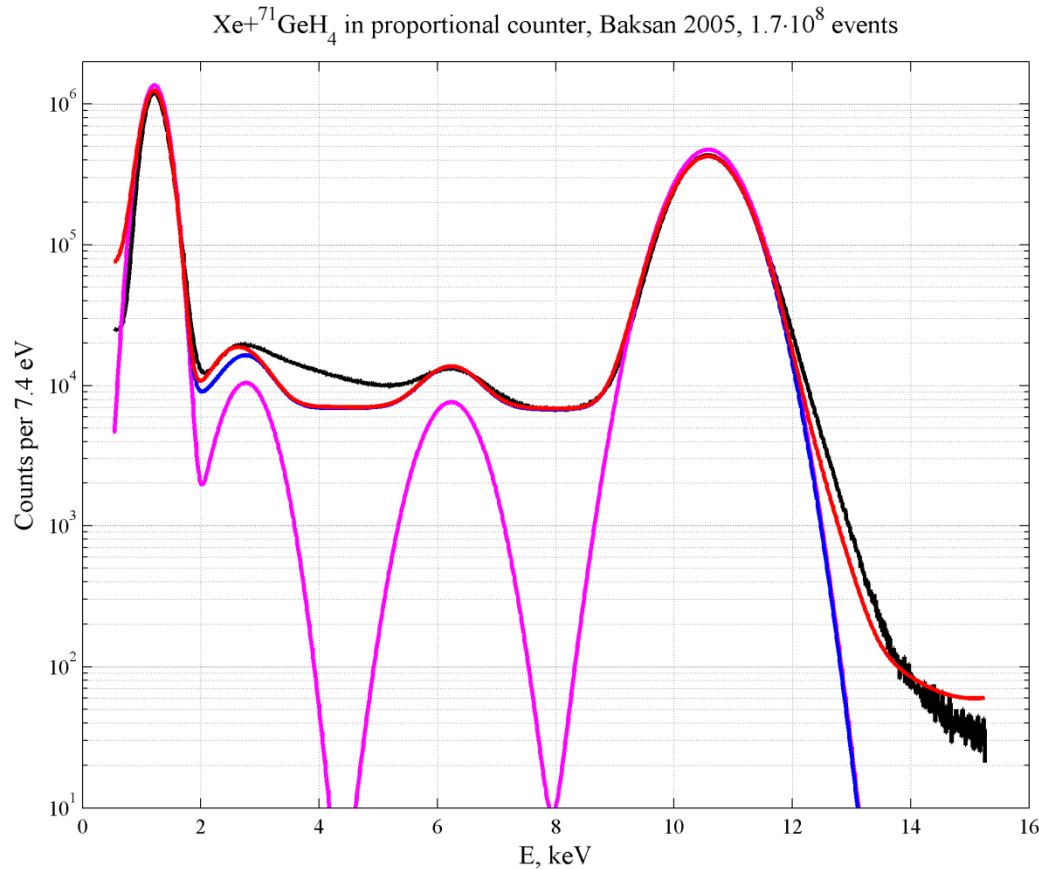
Разрешение на 10.4 кэВ:

$R=13\%$

Коэффициент подложки:

$D=0.11$

# Спектр $^{71}\text{Ge}$ в счетчике



Линии в спектре, кэВ:

1.2 – L-пик германия

2.7 – аргон?

6.4 - железо

10.4 – K-пик германия

Разрешение на 10.4 кэВ:

$R=13\%$

Коэффициент подложки:

$D=0.11$

Доля случайных совпадений:

$C=0.01$

# Что можно сделать до конца года

Аппаратура для скорости порядка  $10^5$  имеется

Заготовки для счетчиков имеются – счетчик изготавливается за 2 недели

Наработка  $^{37}\text{Ar}$  – НИИЯФ МГУ на циклотроне либо здесь, на пучке

Заполнение счетчика – 2-3 дня

Набор статистики  $10^8$  для аргона плюс внешние источники рентгена типа  $^{55}\text{Fe}$  (5.9 кэВ)

--- доступно в течение года