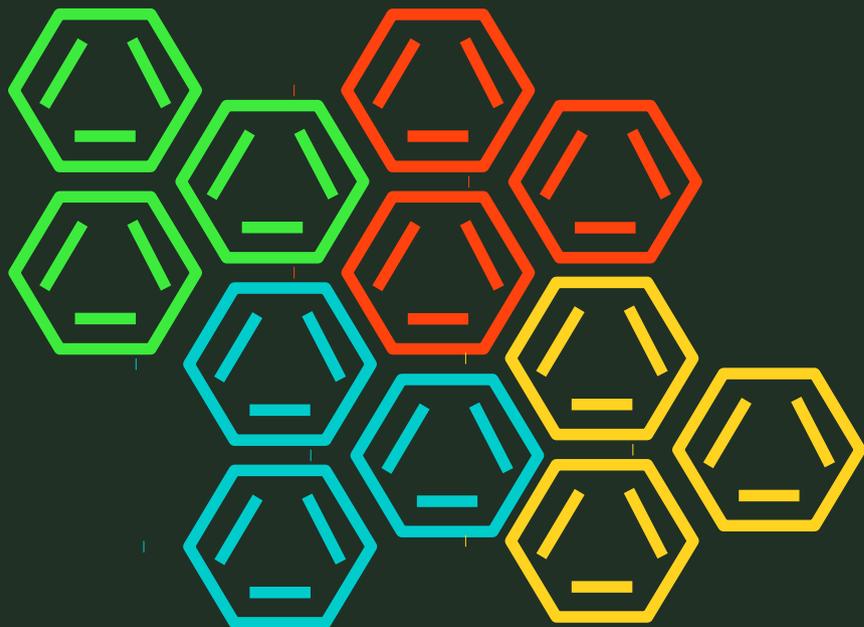


Изучение внутреннего энергетического разрешения жидкого органического сцинтиллятора для электронов низких энергий.

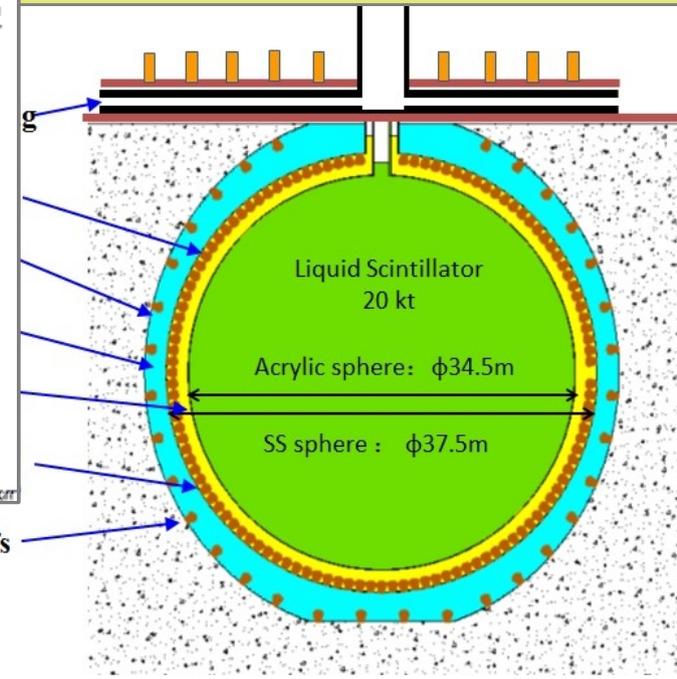
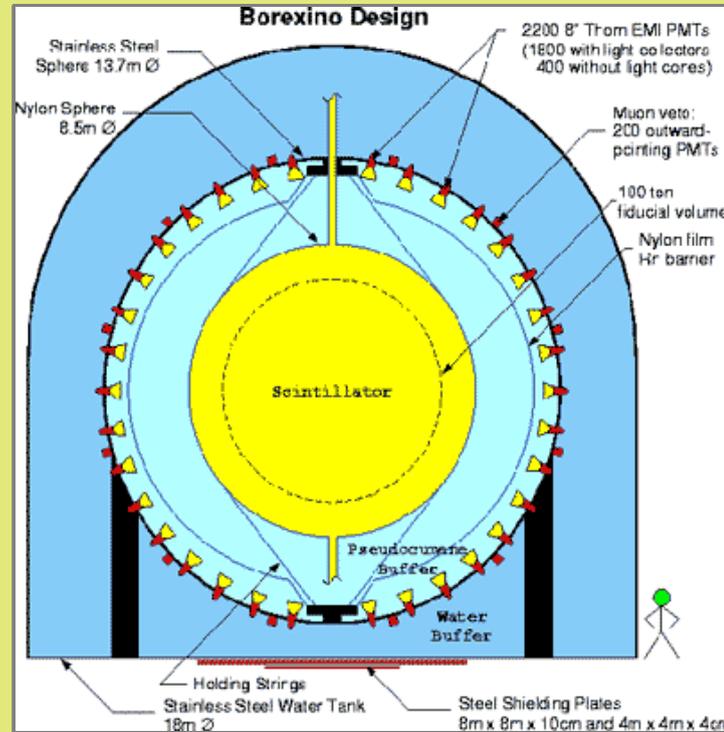
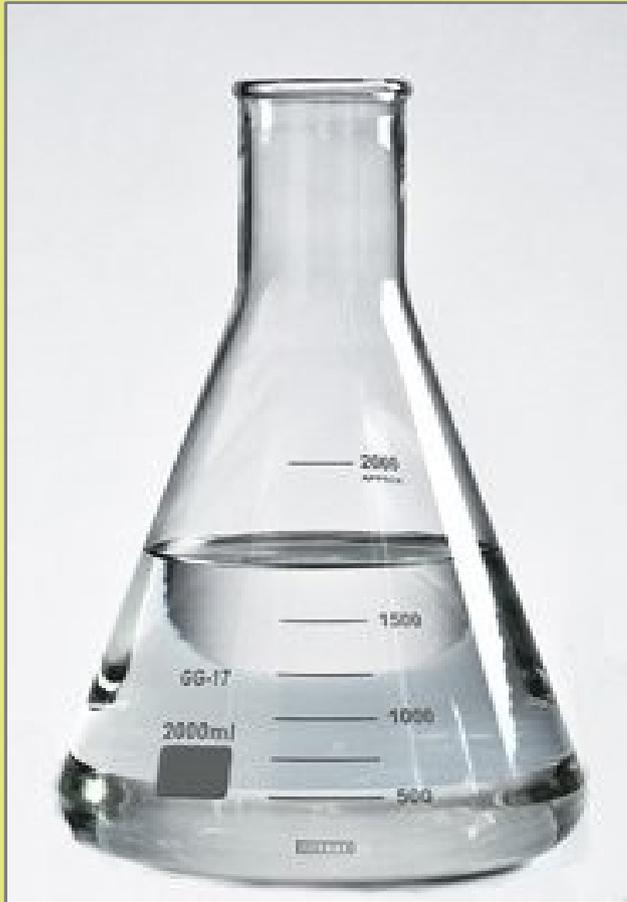
Intrinsic energy resolution of liquid organic scintillator for low-energy electrons.

Формозов Андрей Алексеевич
Физический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова

Научный руководитель
к.ф.-м.н. Смирнов Олег Юрьевич



Жидкие сцинтилляторы

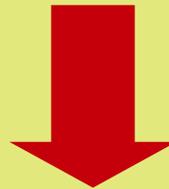


BOREXINO JUNO

RENO 50, Daya Bay, SNO+, kamLAND

Цели и задачи

- Оценка величины внутреннего энергетического разрешения сцинтиллятора
- Разработка программного обеспечения для предварительной оценки величины внутреннего энергетического разрешения

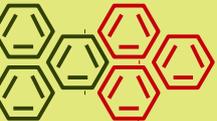


- Анализ совместимости полученного значения с данными Borexino
- Работа с программным обеспечением эксперимента Borexino; анализ данных калибровок Borexino



- Интерпретация данных и выводы о возможном влиянии эффекта на точность моделирования методом Монте-Карло для Borexino и на энергетическое разрешение эксперимента JUNO

(3 % 1 МэВ)



Внутреннее разрешение

- Обусловлено внутренними качествами сцинтиллятора и особенностями сцинтилляционного процесса в нем
- Мера отклонения числа фотонов от распределения Пуассона

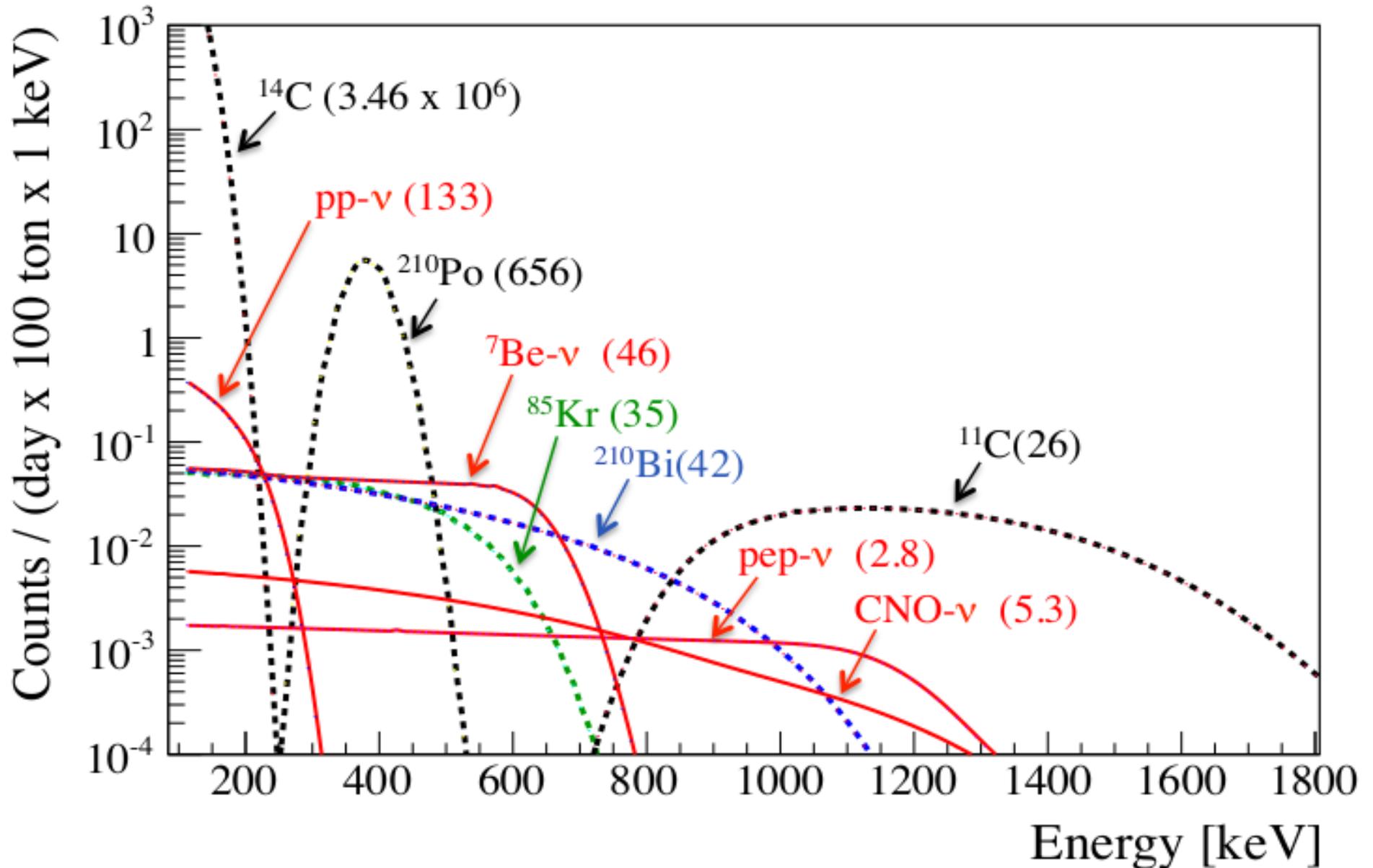
$$\left(\frac{Q}{\sigma_Q} \right)^2 = \delta_{st}^2 + \delta_p^2 + \delta_{int}^2$$

$$\delta_{st}^2 = \frac{1 + v(M)}{N \bar{p}}$$

$$\delta_{int}^2 = (1 + v(p)) \left(v(N) - \frac{1}{N} \right)$$

$$\delta_p^2 = v(p)$$

Borexino



Переменная N_{pmts}

Число сработавших фотоумножителей:

$$N_{pmt} = N_{alive} \cdot \frac{\left(1 - e^{-\frac{Q(E)}{N_{alive}}}\right)}{1 + gc \cdot \frac{Q(E)}{N_{alive}}}$$

$$\sigma_{N_{pmt}}^2 = N_{pmts} \cdot \left(1 - \frac{N_{pmts}}{N_{alive}} (1 + \nu_1)\right) +$$

$$+ N_{pmts}^2 \cdot (\nu_T \cdot N_{pmts} \cdot (1 + \nu_f) + \nu_f) + \sigma_d^2 + \sigma_{int}^2$$

$$\sigma_{int}^2 \sim \mathbf{5.5 \text{ pmt.}^2}$$

Ионизационное гашение

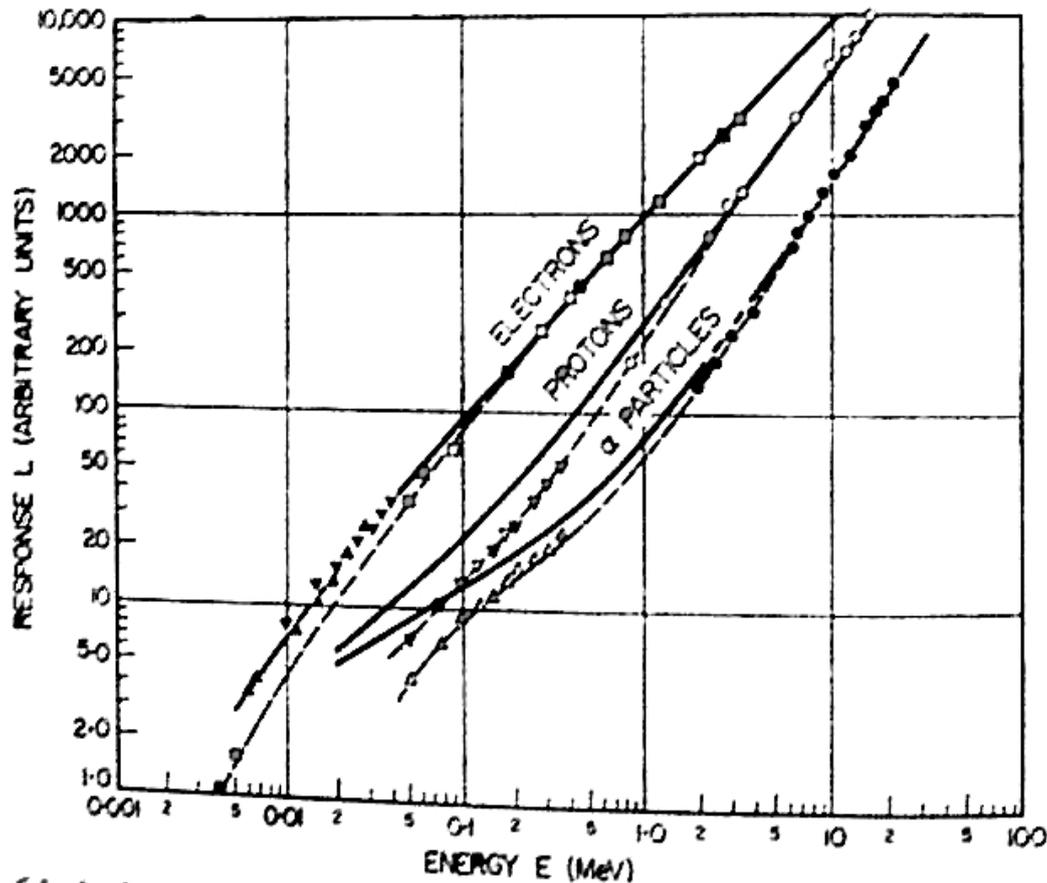


Fig. 6.1 Anthracene

$$Y_p^{\text{ph}} = Y_0^{\text{ph}} \cdot Q_p(E) \cdot E$$

Y_0 — удельный
световыход

$Q(E)$ — фактор гашения

$$Q_{\beta}(E) = \frac{1}{E} \int_0^E \frac{dE}{1 + kB \cdot dE/dx}$$

kB (Borexino)
~ 0.011 cm/MeV

BOREXINO

$$Y_0 \cdot Q(E_{init}) \sum_i E_i Q_\beta(E) = \frac{1}{E} \int_0^E \frac{dE}{1 + kB \cdot dE/dx}$$

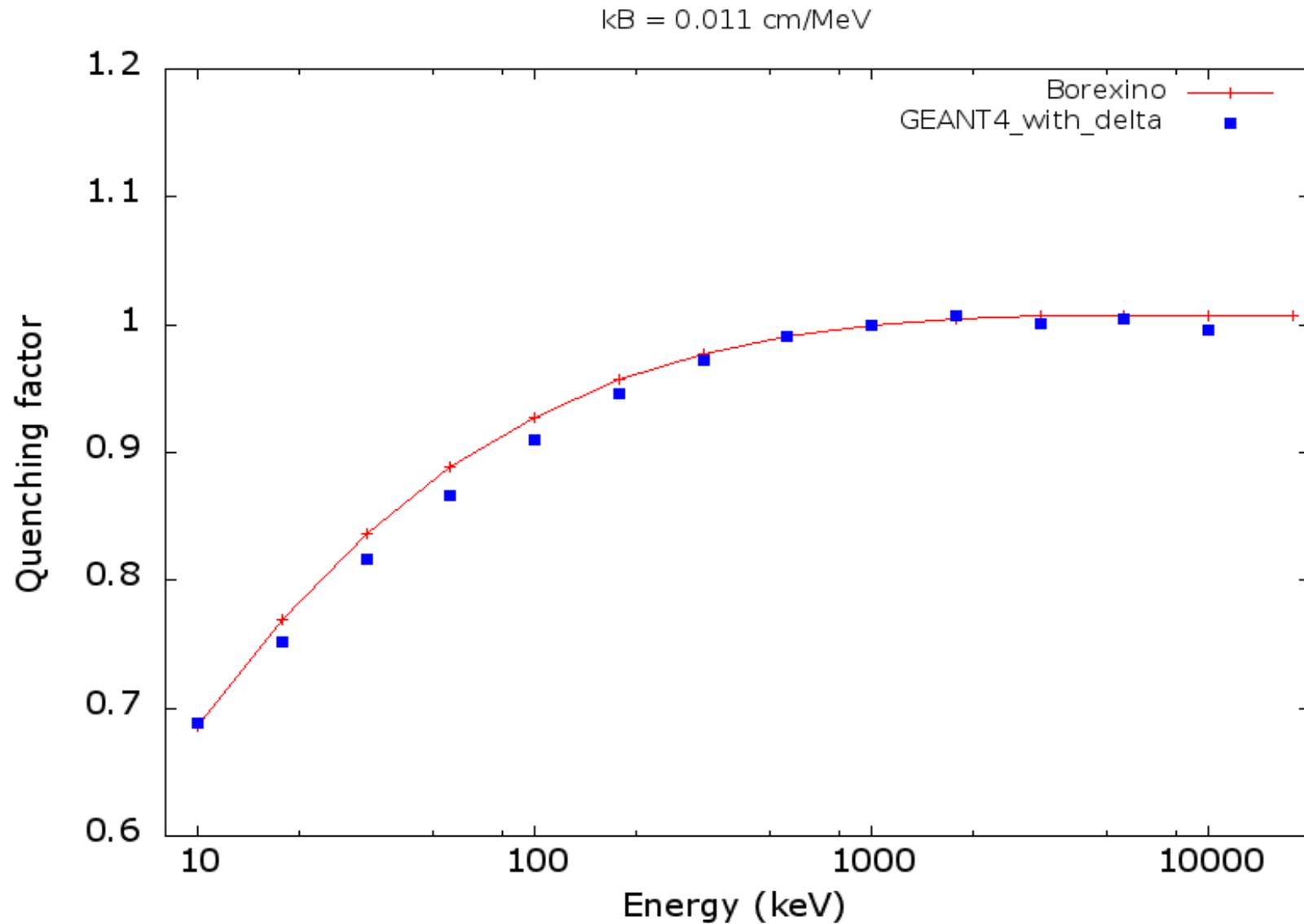
Предложенный механизм

$$Y_{M2} = Y_0^{eff} \cdot \sum_{i,j} \frac{\Delta E_{ij}}{1 + kB^{eff} \frac{dE_{ij}}{dx_{ij}}} = Y_0^{eff} \cdot Q_{M2}(E, kB^{eff}) \cdot E$$

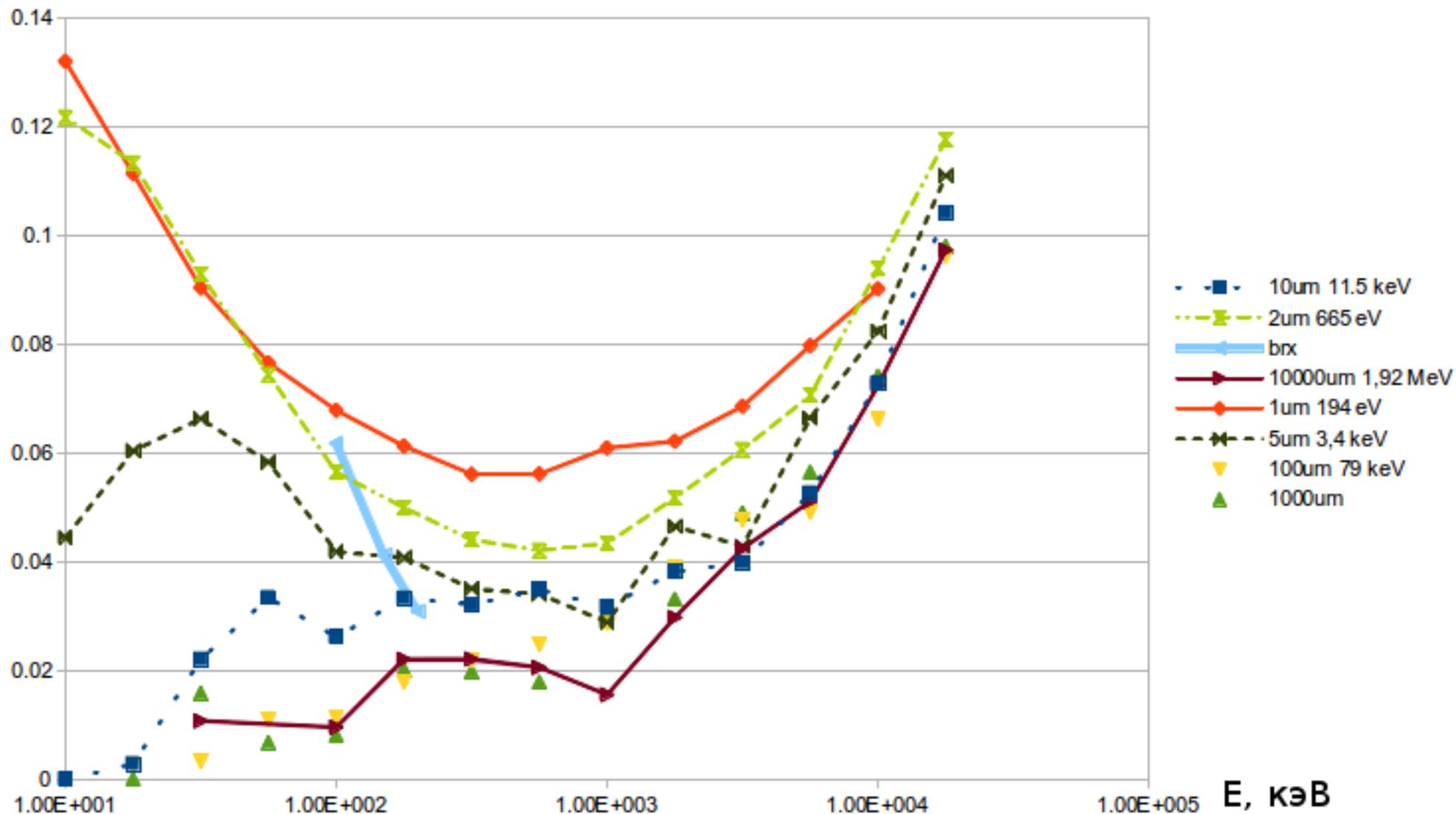
$$Q_{M2}(E, kB^{eff}) = \frac{1}{E} \sum_{i,j} \frac{\Delta E_{ij}}{1 + kB^{eff} \frac{dE_{ij}}{dx_{ij}}},$$

Результаты
предварительного
моделирования
в GEANT4

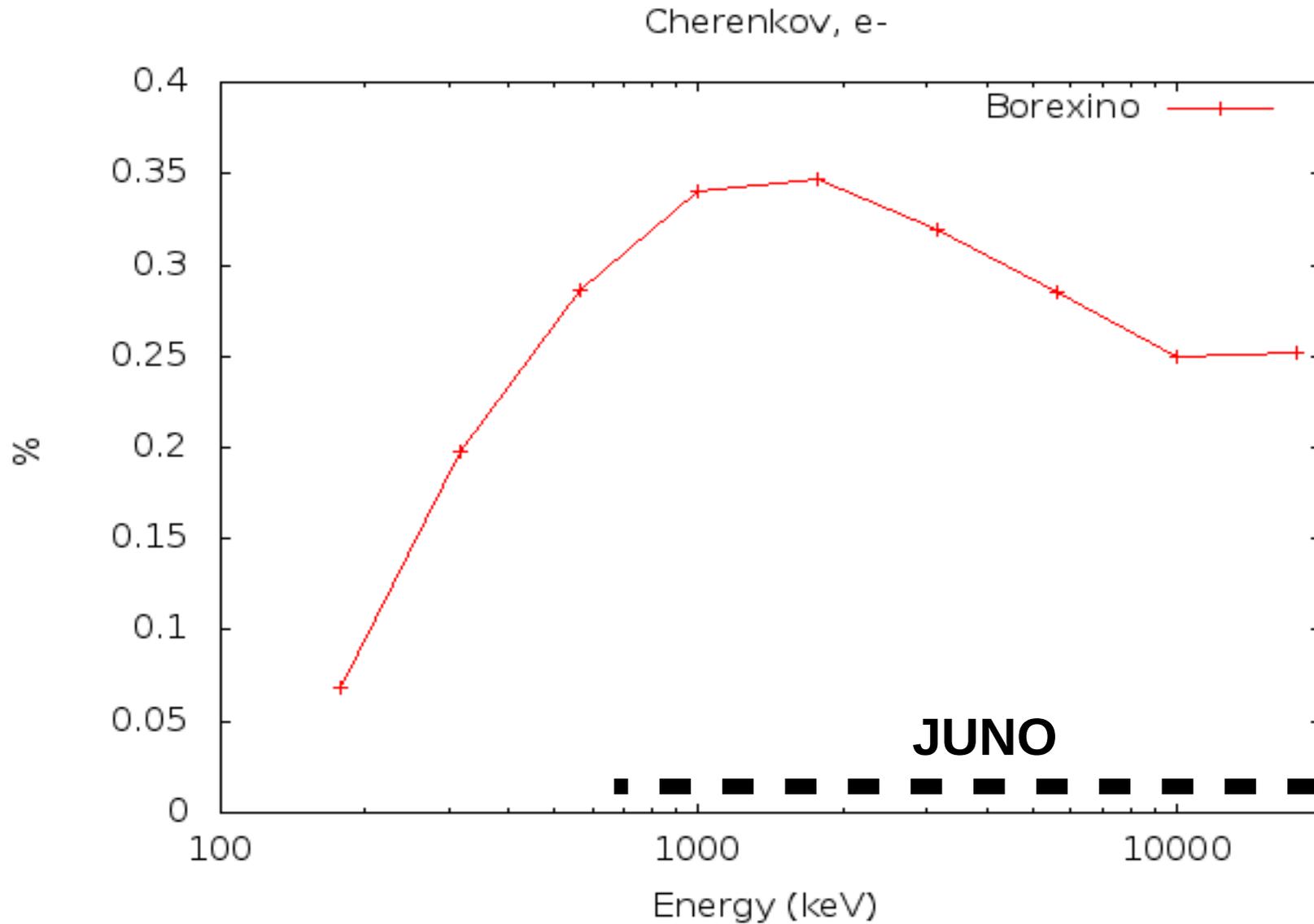
Предварительная оценка



Предварительная оценка

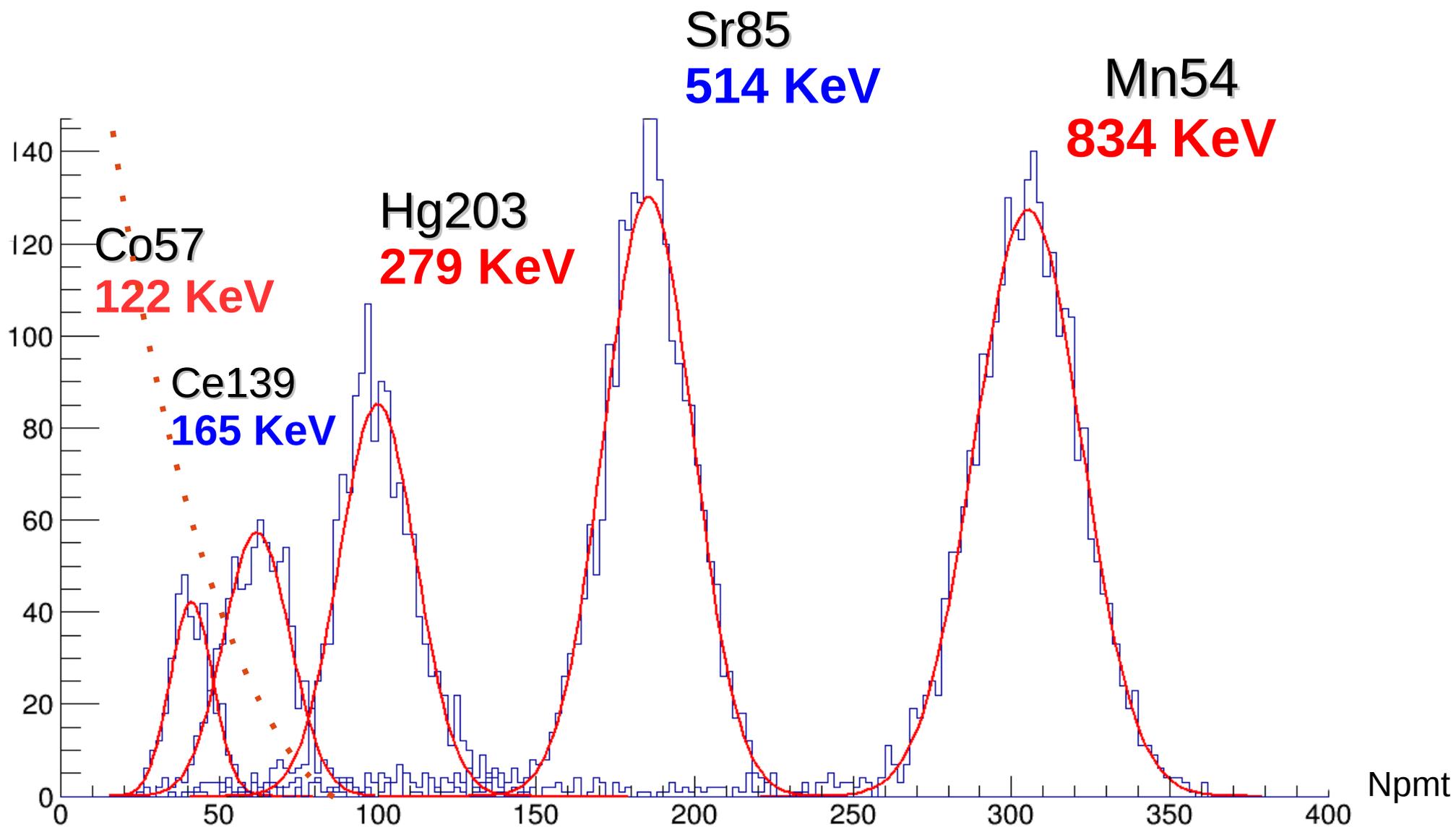


Черенковское излучение



Результаты работы с данными калибровки Vorexino

Калибровка гамма-источниками

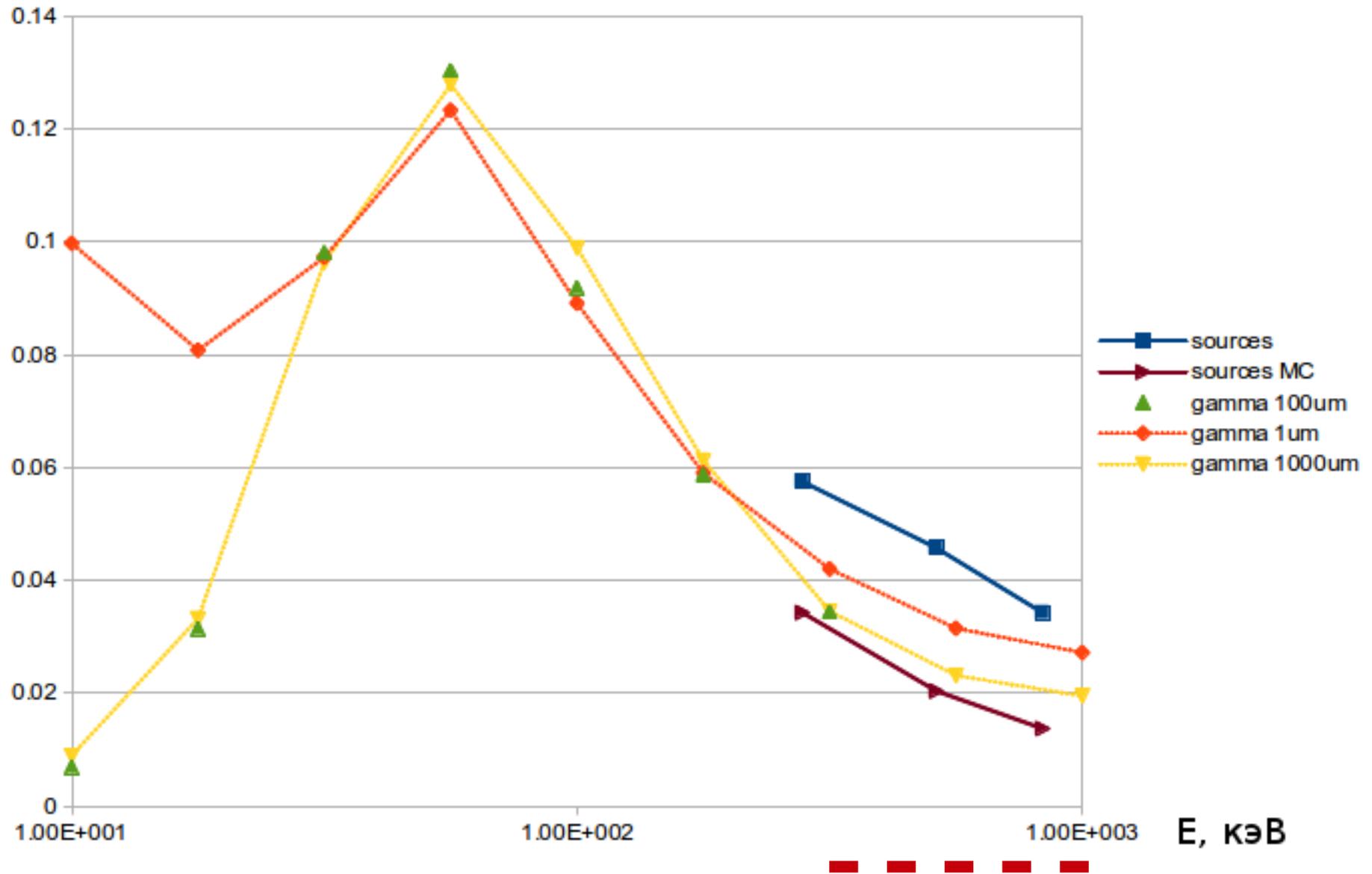


Результаты для гамма-источников

Тип	E, КэВ	N_{pmts}	$\sigma_{N_{pmts}}$	σ_{int}	$\sigma_{int}, \%$	
Hg	279	95.2	11.9	7.2	7.5	~ 100 кэВ ⋮ ~ 550 кэВ
Sr	514	182.9	15.2	8.3	4.6	
Mn	834	301.9	18.8	10.4	3.4	

N_{pmts}^{MC}	$\sigma_{N_{pmts}}^{MC}$	σ_{int}^{MC}	$\sigma_{int}^{MC}, \%$
96.7	11.0	5.5	3.4
184.2	14.1	6.0	2.0
303.9	17.4	7.6	1.4

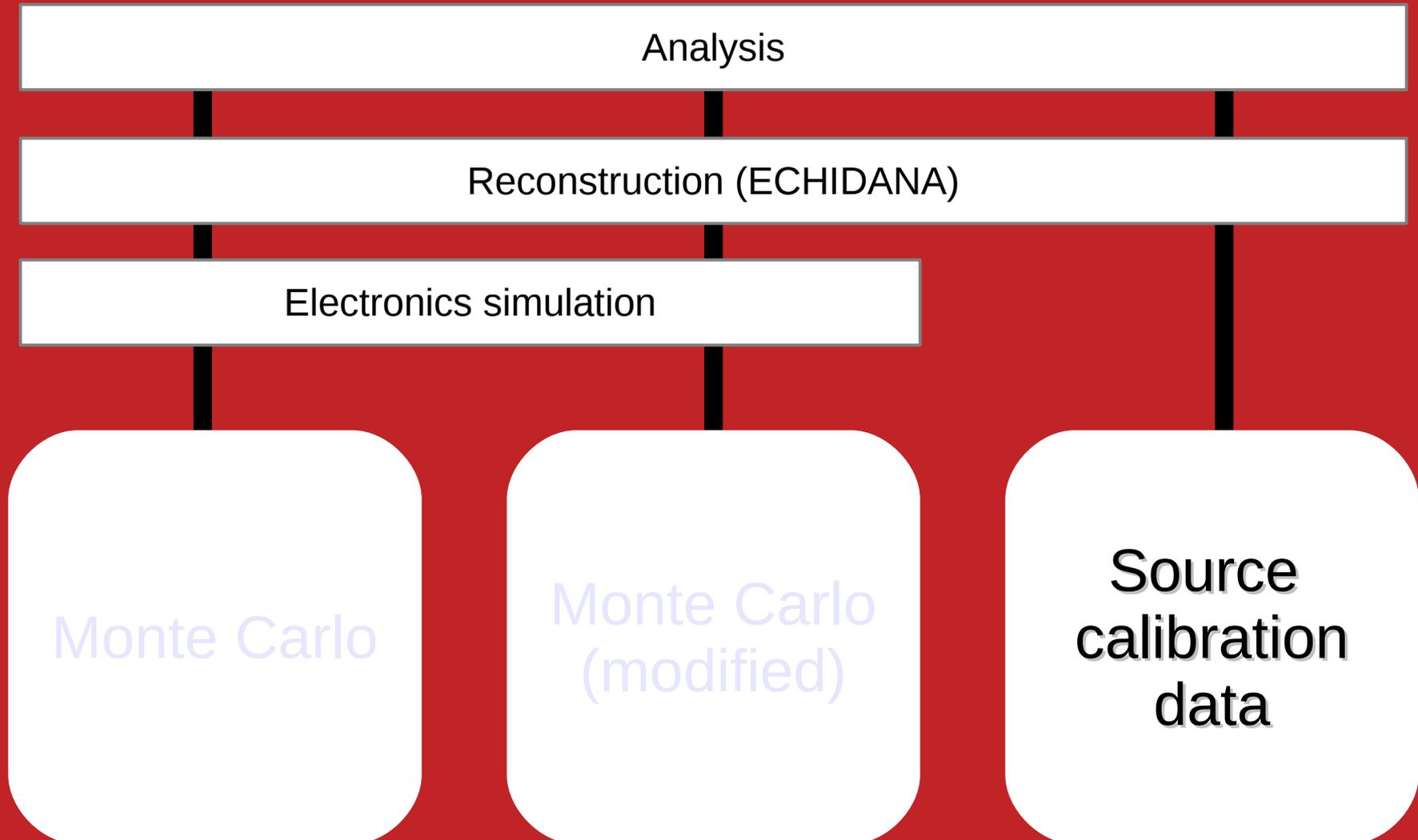
Сравнение результатов



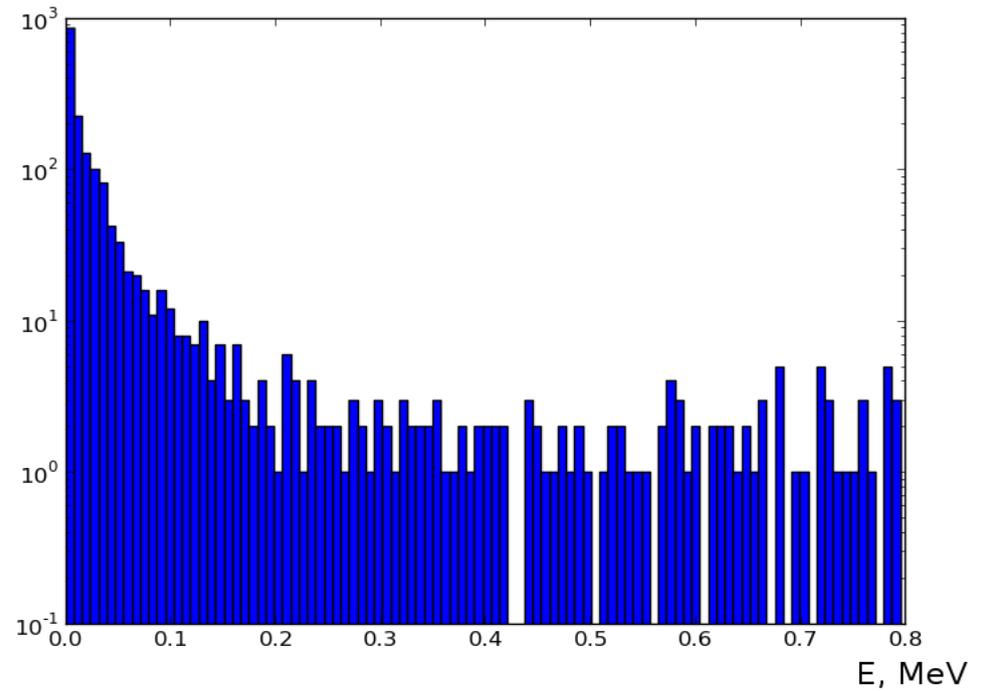
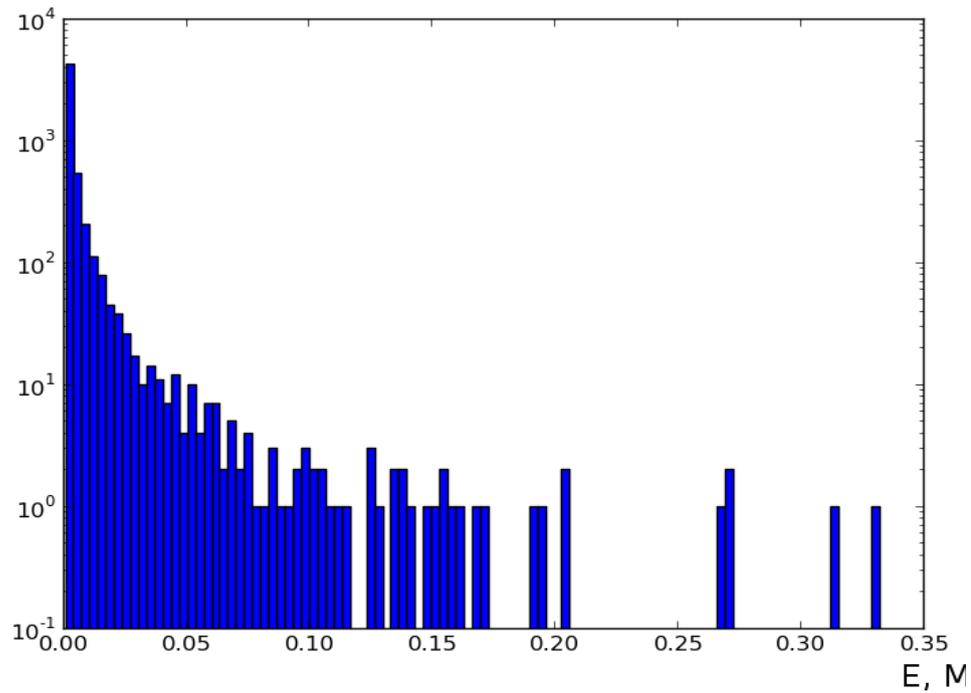
Выводы

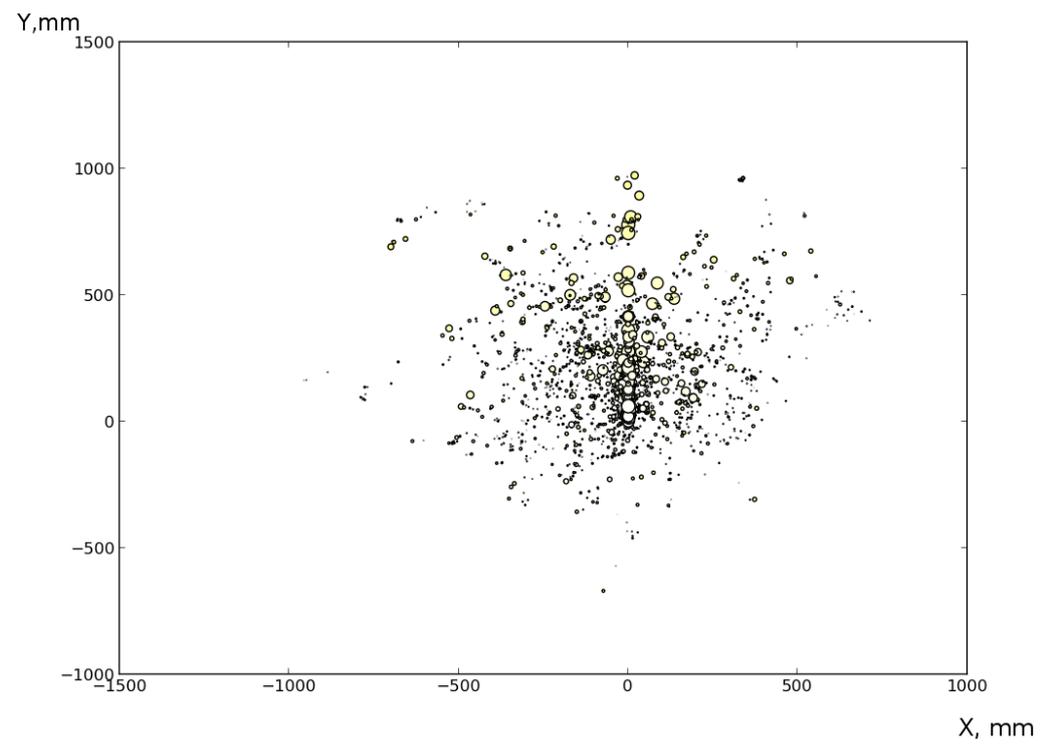
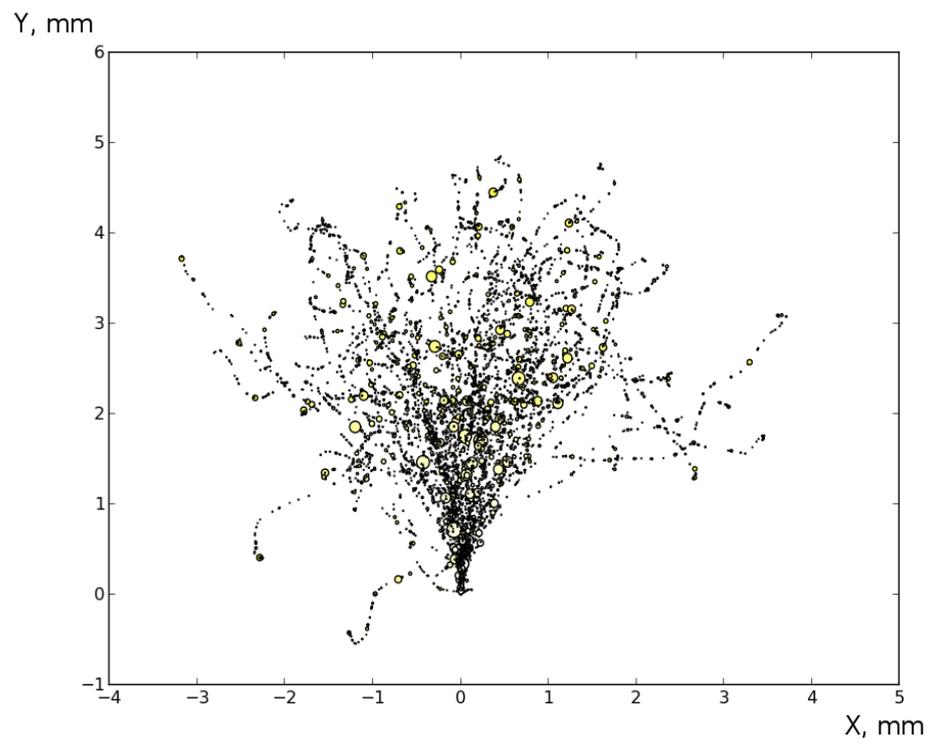
- Моделирование показало возможность наличия внутреннего разрешения за счет флуктуаций числа дельта-электронов и явления ионизационного гашения
- Также при энергиях от 1 МэВ флуктуации черенковского излучения дают вклад в энергетическое разрешение порядка 0.3 %
- Модель лучше описывает результаты калибровок источниками гамма-излучения, чем стандартное моделирование эксперимента *Vorexino*
- Данные эффекты необходимо учесть при планировании и моделировании будущих прецизионных экспериментов.

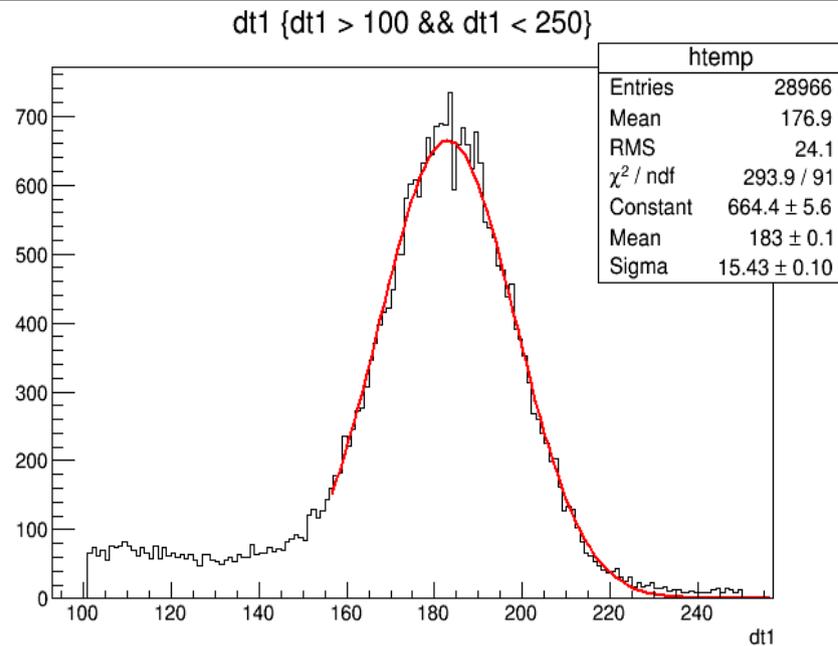
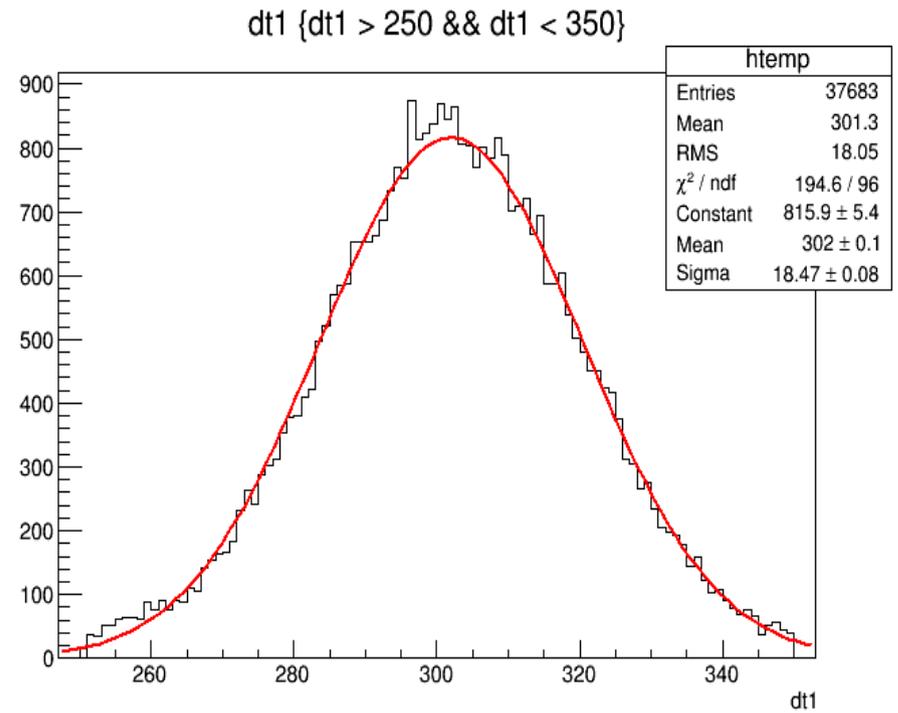
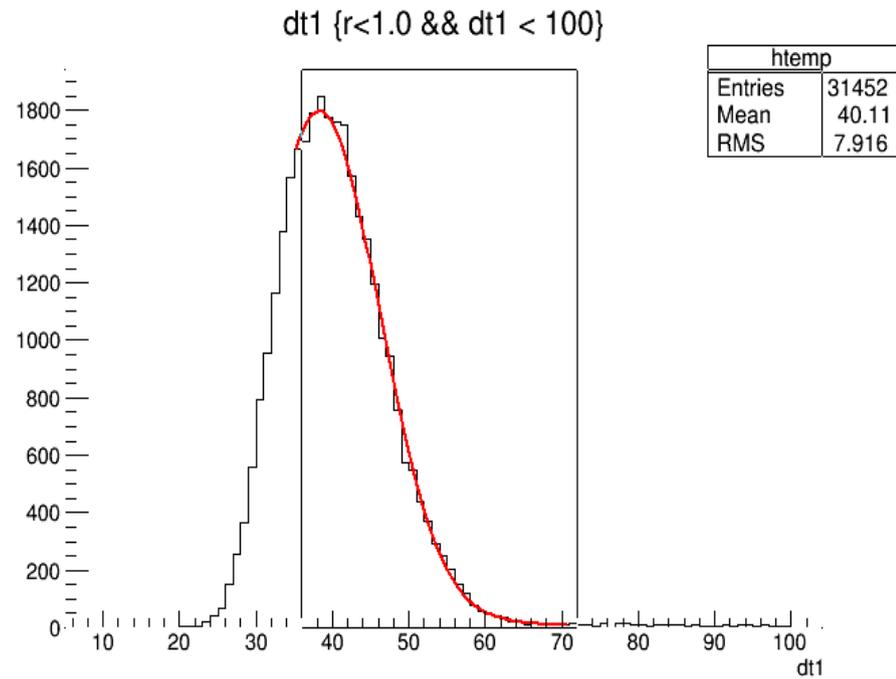
Borexino



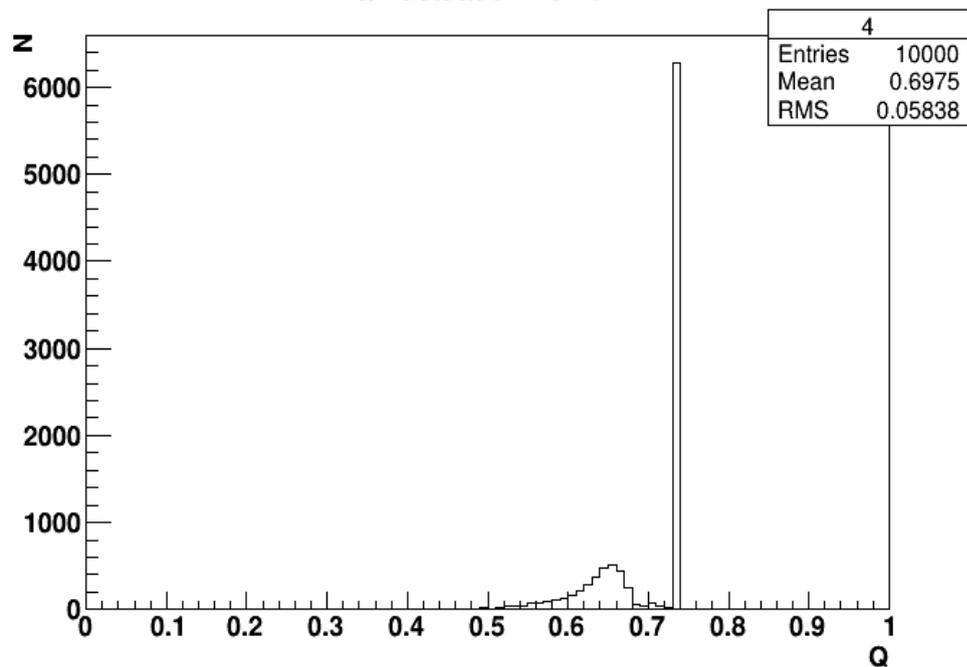
Электрон vs Гамма-квант (1 МэВ)



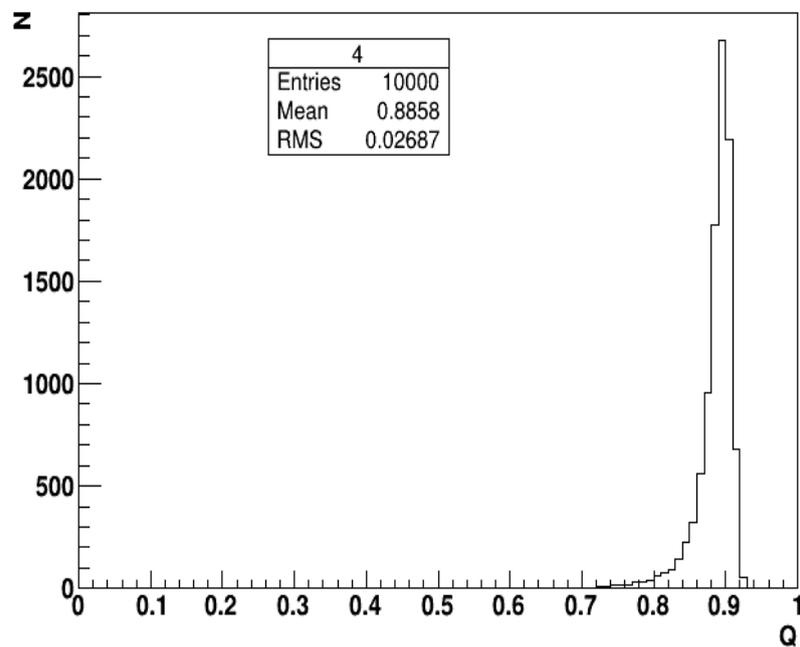




Q-fluctuation 10 keV



Q-fluctuation 1 MeV



Q-fluctuation 100 keV

