Фон космогенного происхождения в эксперименте DEAP-3600

Студент: Панфилов Павел Андреевич Б22-102
Научный руководитель: старший преподаватель Мачулин И.Н.
Научный консультант: к.ф.-м.н. Долганов Г.Д.

Цель работы

- Обработка результатов улучшенной модели детектора.
- Построение спектров распада изотопов, образовавшихся в жидком аргоне детектора DEAP-3600 в результате взаимодействия с космическими мюонами.
- Оценка уровня фона от изотопов космогенного происхождения.

Эксперимент DEAP-3600.

- Эксперимент DEAP-3600 (Dark matter Experiment using Argon Pulse-shape discrimination) направлен на поиск слабо взаимодействующих массивных частиц (WIMPs). Может использоваться для регистрации солнечных нейтрино.

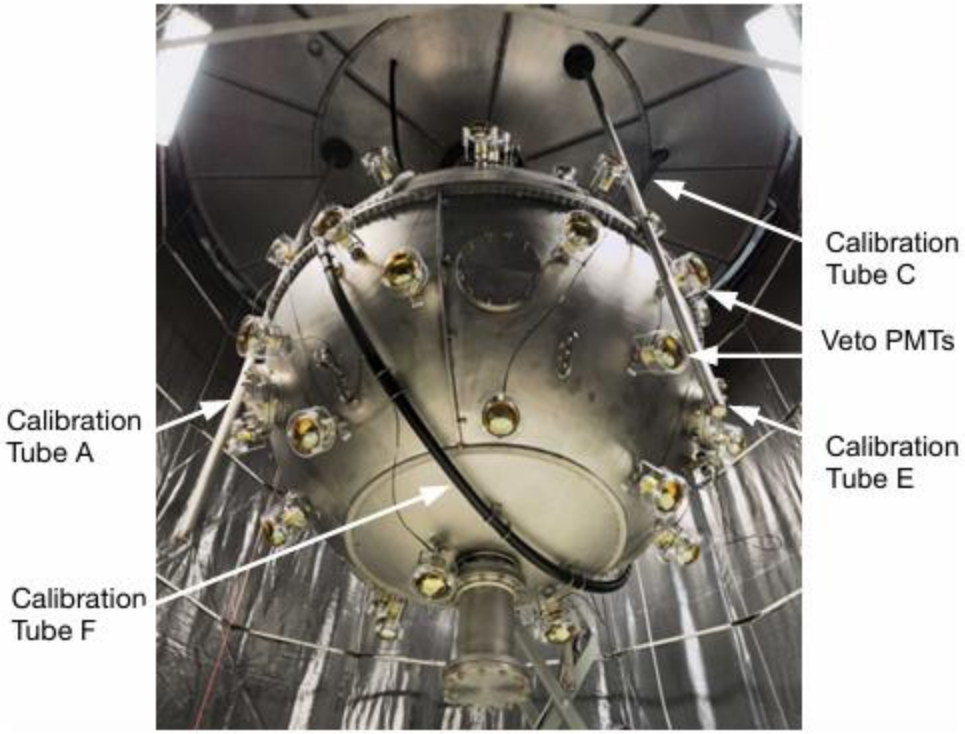


Рис 1. Детектор внутри бочки[1].

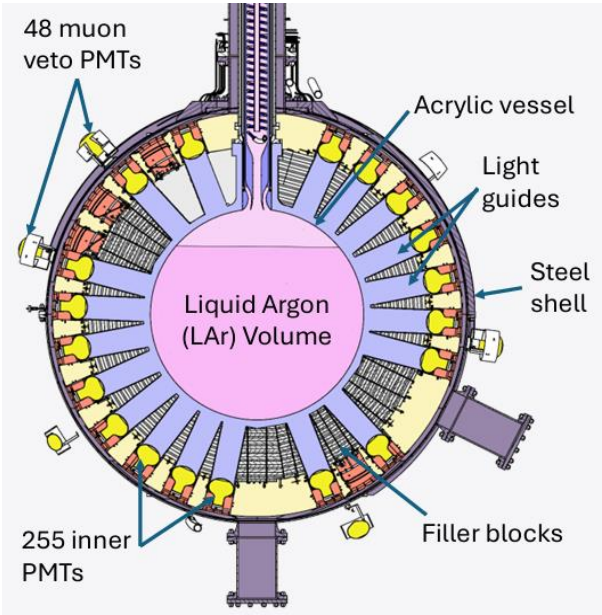


Рис 2. Основные компоненты детектора DEAP-3600 [1].

Реакция нейтрино и ^{40}Ar:

$$\nu_e + {}^{40}\mathrm{Ar} = e^- + {}^{40}\mathrm{K}$$

[1] Ellingwood E. Searching for neutrino absorption in 40Ar using the DEAP-3600 dark matter detector. — 2024 CAP Congress, Western University. URL: https://indico.cern.ch/event/1316311/contributions/5861261/attachments/2864675/5013644/CAP2024_ellingwood.pdf.

Обновленная модель:

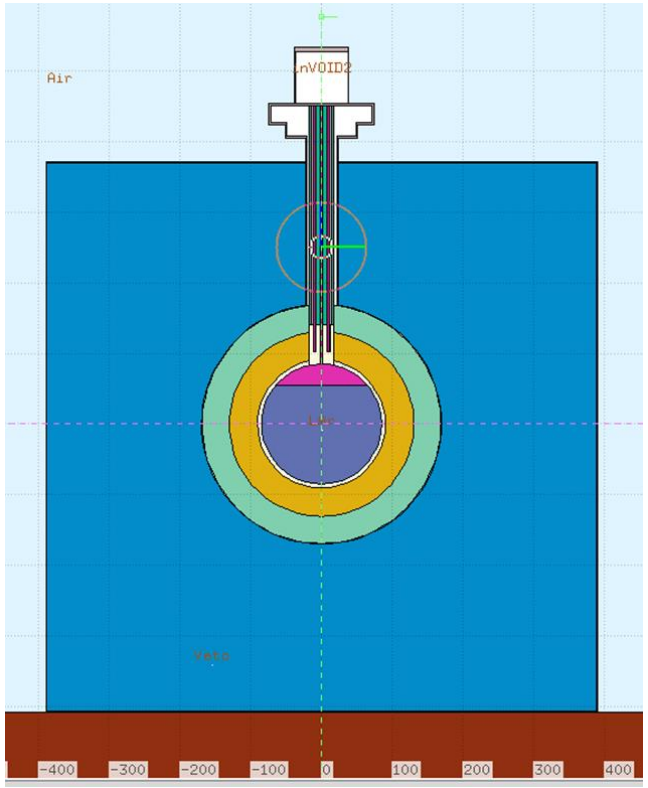


Рис 3. Обновленная модель детектора.

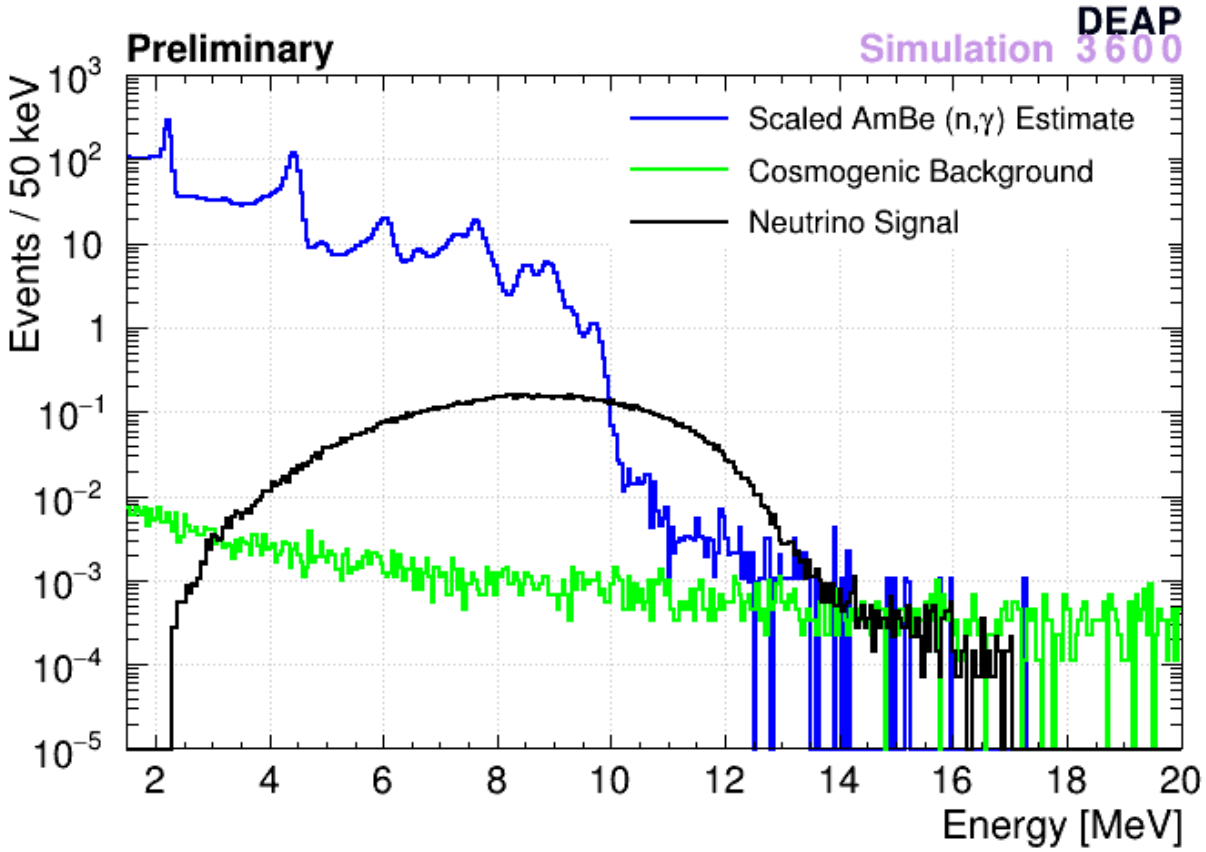


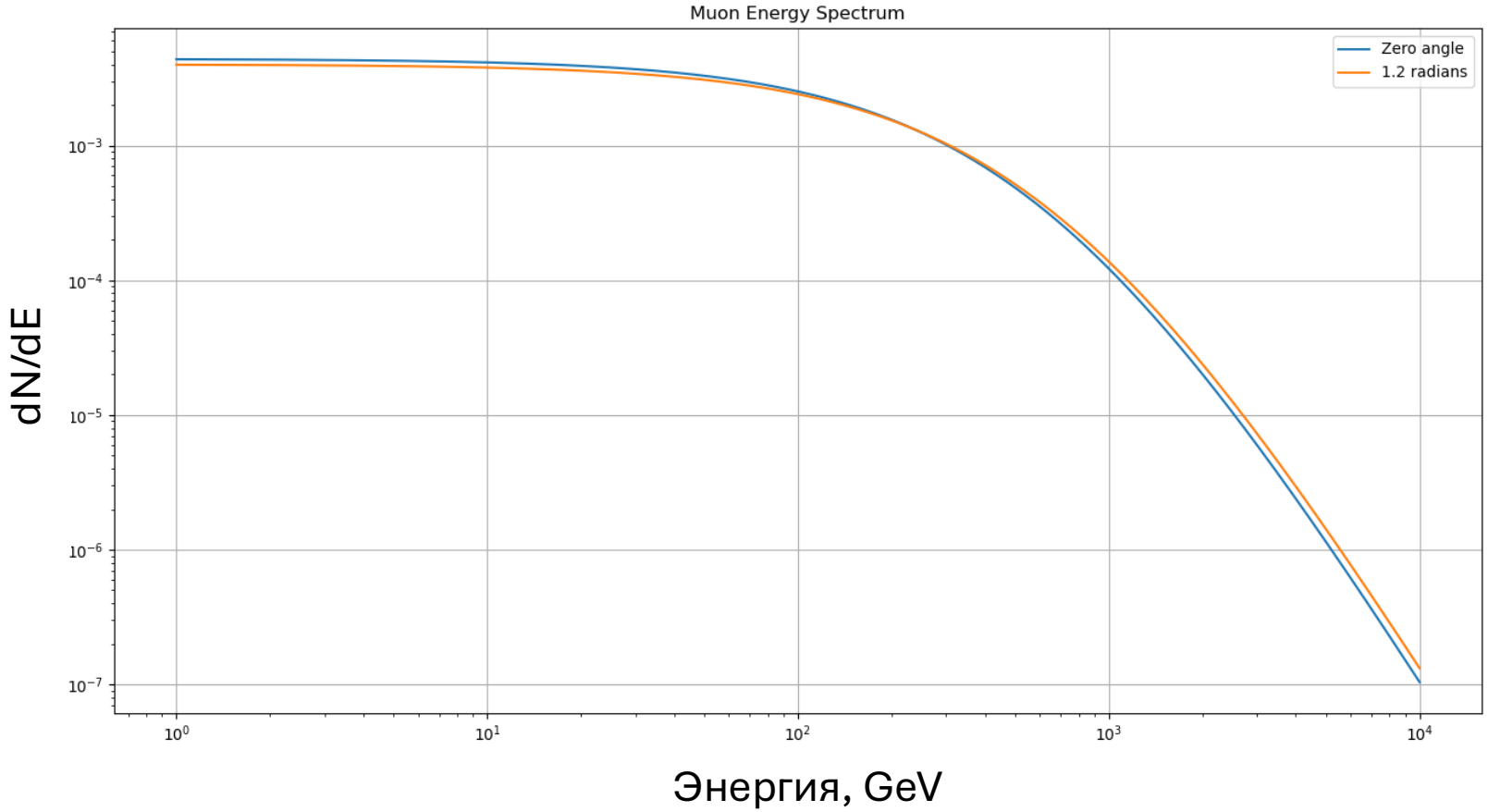
Рис 4. Энергетический спектр от собственной радиоактивности материалов, космогенных мюонов и солнечных нейтрино в DEAP-3600[1].

[1] Ellingwood E. Searching for neutrino absorption in 40Ar using the DEAP-3600 dark matter detector. — 2024 CAP Congress, Western University. URL: https://indico.cern.ch/event/1316311/contributions/5861261/attachments/2864675/5013644/CAP2024_ellingwood.pdf.

Распределение мюонов по энергиям.

Средний поток мюонов на глубине 2 км под землей[2]:
$I_\mu = (3.31 \pm 0.01stat. \pm 0.09sys.) * 10^{-10}$ $\mu/(s*cm^2)$

Средняя энергия мюонов:
<E> = 350GeV



[2] Aharmim B. et al. Measurement of the Cosmic Ray and Neutrino-Induced Muon Flux at the Sudbury Neutrino Observatory //Physical Review D—Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology. – 2009. – Т. 80. – №. 1. – С. 012001.

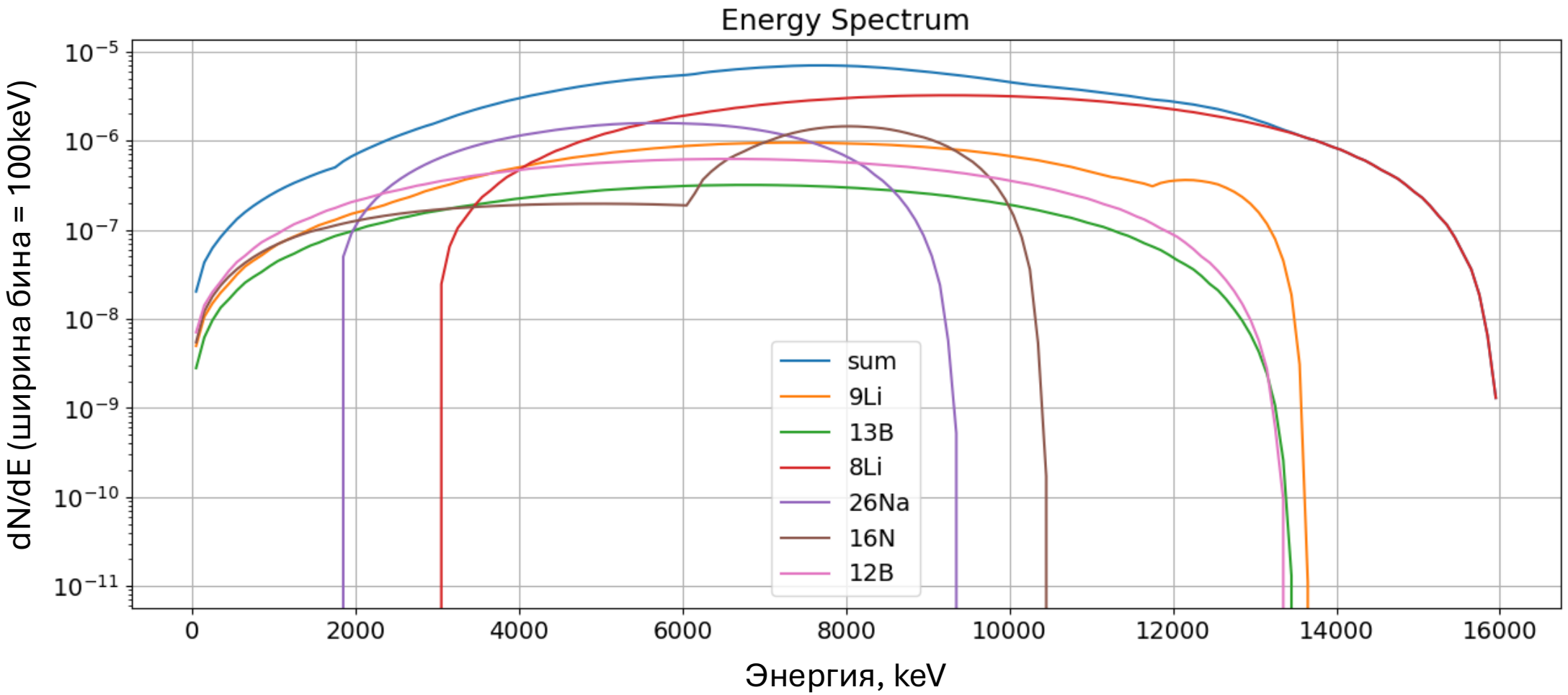
Обработка результатов моделирования

- Была написана программа, которая по заданным критериям отбора строит спектры распада изотопов на основе .root файла.
- Полная автоматизация загрузки спектров нейтрино/антинейтрино для изотопов.
- Оценка погрешности методом Монте-Карло.

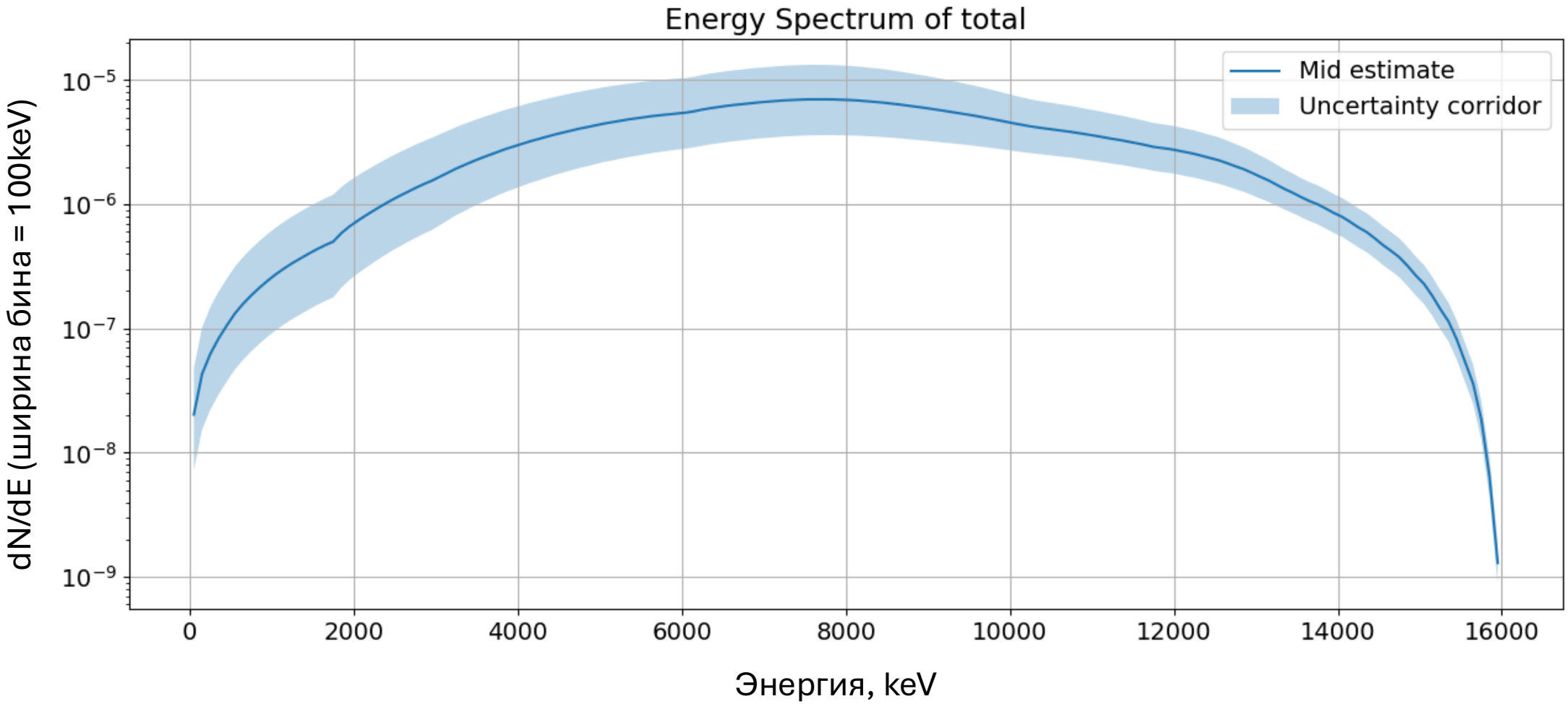
Таблица изотопов с энергией распада более 9 MeV, образующихся в аргоне на протяжении эквивалента 431 +/- 11.8 лет наблюдений в модели на Fluka.

Element	Number of isotopes	Decay	Half-life	Energy
9Li	3	Beta-	178,3 ms	13606 keV
13B	1	Beta-	17,4 ms	13836 keV
21Mg	1	Electron capture beta+	122,0 ms	13098 keV
8Li	10	Beta-	839,9 ms	16005 keV
26Na	3	Beta-	1,1 s	9354 keV
16N	2	Beta-	7,1 s	10419 keV
12B	2	Beta-	20,2 ms	13369 keV

Дифференциальный спектр энерговыделения изотопов за 1 год.



Дифференциальный спектр энерговыделения изотопов за 1 год с учетом погрешности.



Обработка результатов

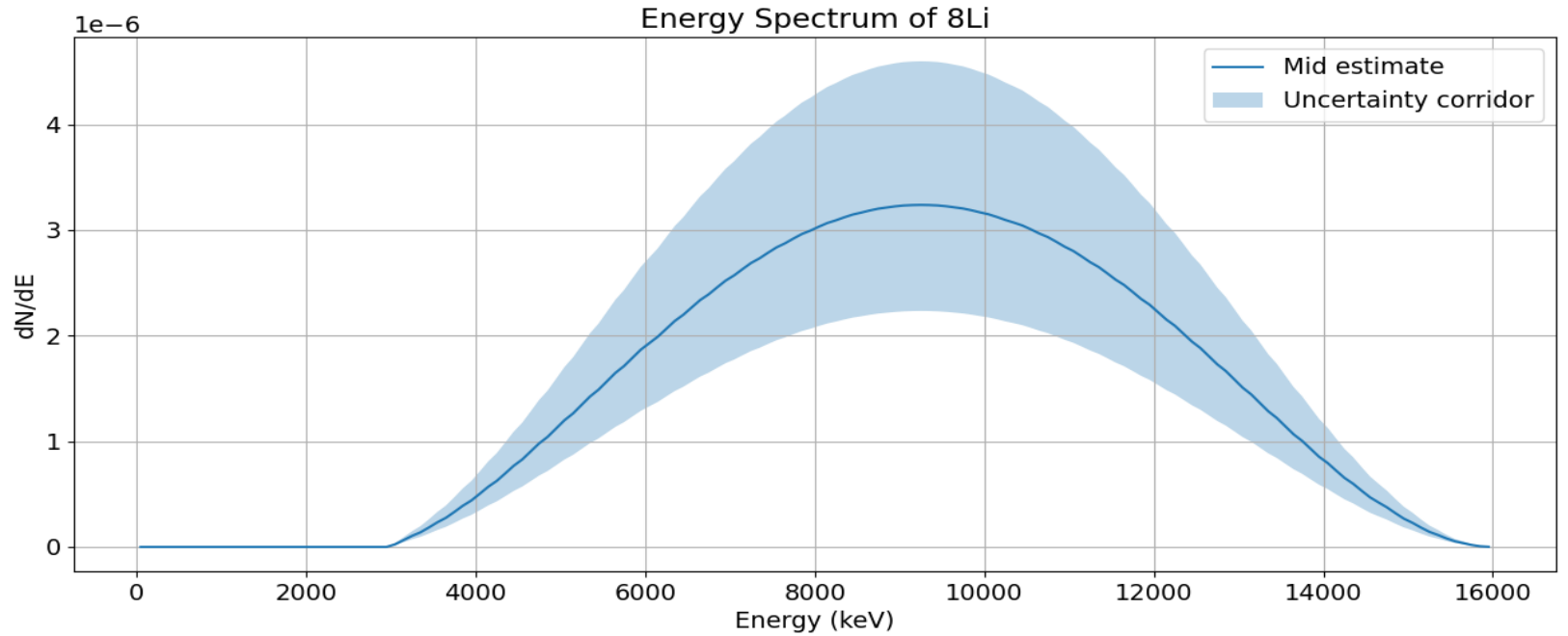
- Интересующий диапазон: от 10.5 MeV до 13 MeV за 815 дней.
- Наибольший вклад в ожидаемое количество событий внес 8Li, так как он имеет спектр лежащий выше в области энергий чем остальные изотопы, и число образованных изотопов этого элемента оказалось наибольшим.
- Изотопы 26Na и 16N вообще не внесли никакого вклада, так как их спектры лежат ниже 10500 keV.

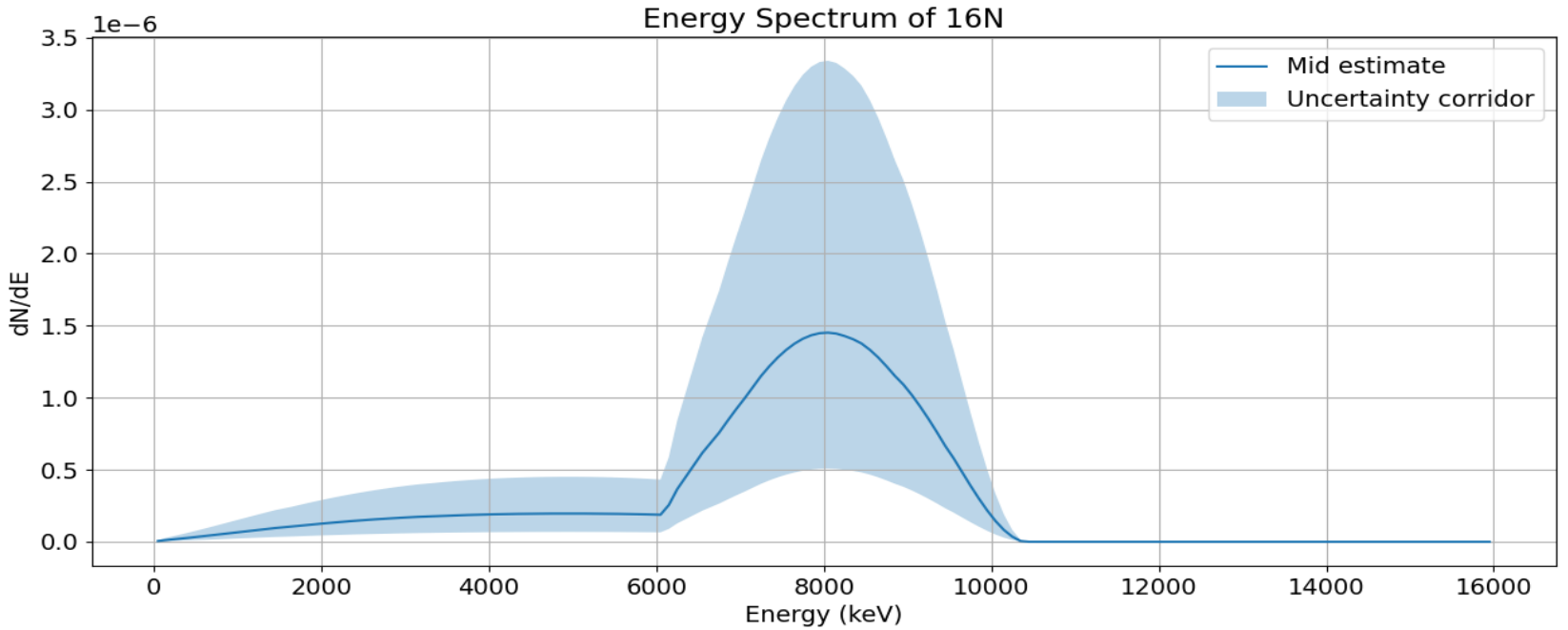
Ожидаемое количество событий: 0.0164
Для доверительной вероятности 68%
Нижняя оценка: 0.0120
Верхняя оценка: 0.0207

План на будущее.

- Учет вклада изотопов, образующихся в других частях детектора.
- Учет энергетического разрешения детектора.
- Учет временного окна мюонного вето.

Спасибо за внимание.


Energy Spectrum of 8Li
1e−6
dN/dE
Energy (keV)
Mid estimate
Uncertainty corridor
0
1
2
3
4
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000


Energy Spectrum of 16N
1e−6
dN/dE
Energy (keV)
Mid estimate
Uncertainty corridor
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000