

Фон космогенного происхождения в эксперименте DEAR-3600

Студент: Панфилов Павел Андреевич Б22-102

Научный руководитель: старший преподаватель Мачулин И.Н.

Научный ассистент: к.ф.-м.н. Долганов Г.Д.

Цель работы

- Разобраться с устройством детектора DEAP-3600.
- Ознакомление с программным пакетом моделирования взаимодействия излучения с веществом методом Монте-Карло FLUKA.
- Построить спектры распада изотопов, образовавшихся в детекторе DEAP-3600 за счёт взаимодействия жидкого аргона и космических мюонов.
- Оценка уровня фона от изотопов космогенного происхождения.

Скрытая масса.

- Одно из наблюдений, свидетельствующих в пользу скрытой массы - кривые вращения галактик.
- Считается, что скрытая масса может взаимодействовать только посредством гравитационного и слабого взаимодействий.

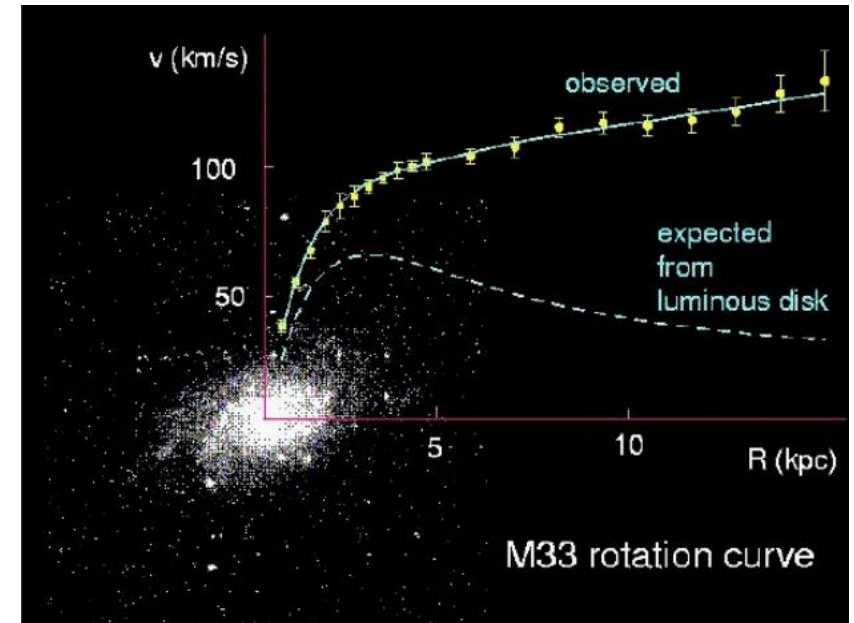
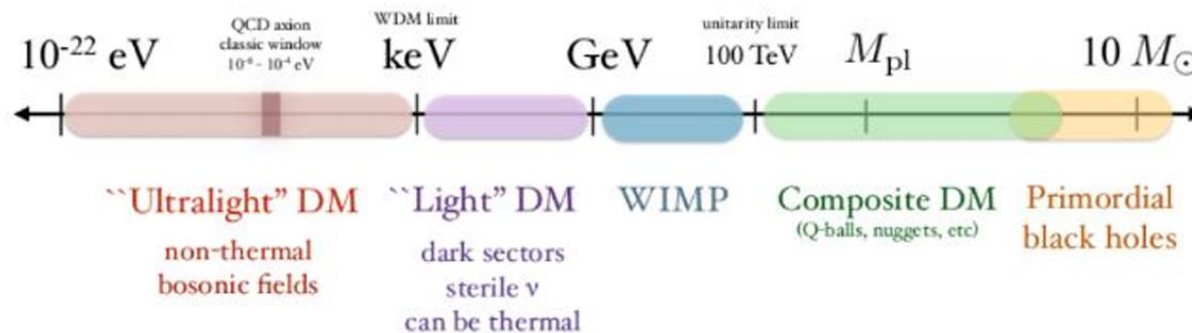


Рис 1. Кривая скорости вращения галактики.



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.

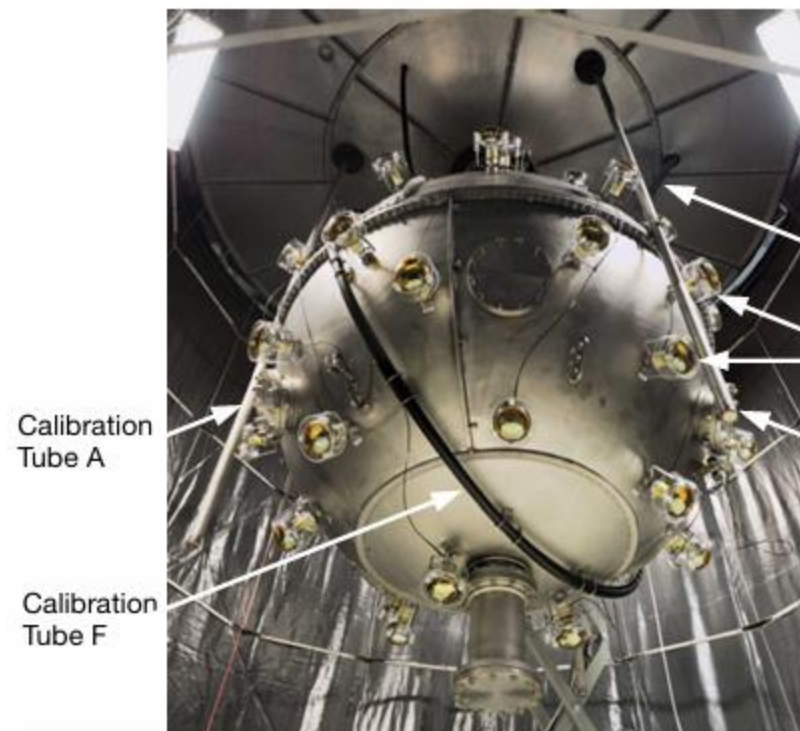


Рис 3. Детектор внутри бочки[1].

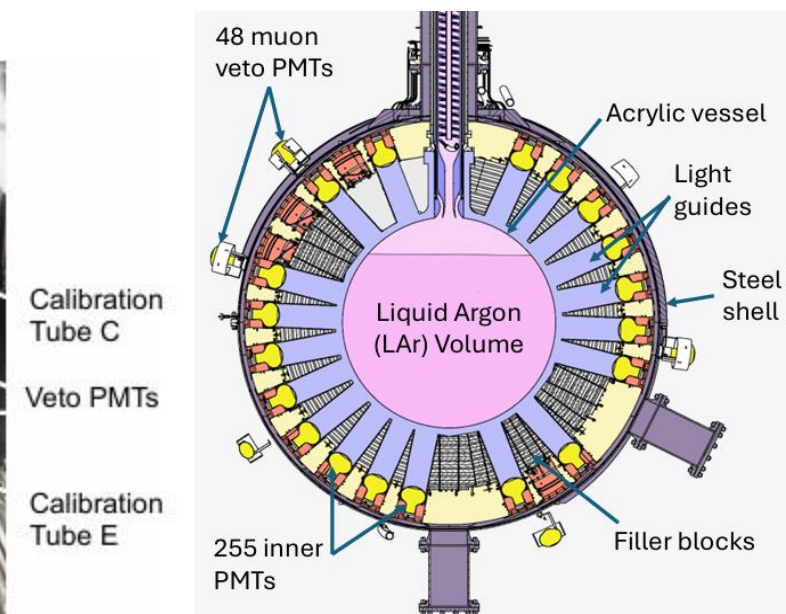
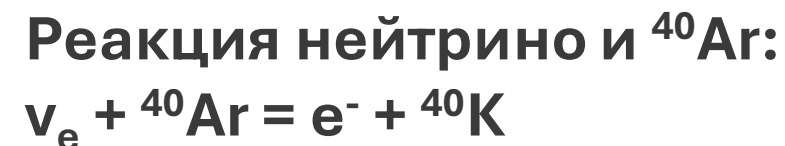


Рис 2. Основные компоненты детектора DEAP-3600 [1].



[1] Ellingwood E. Searching for neutrino absorption in ^{40}Ar 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.

Взаимодействие мюонов и аргона в детекторе.

- При взаимодействии мюонов с аргоном могут образовываться космогенные изотопы, распад которых также вносит вклад в уровень фона.
- Одной из особенностей данного фона является распад космогенных изотопов с большими энергиями.
- Некоторые схемы распада:

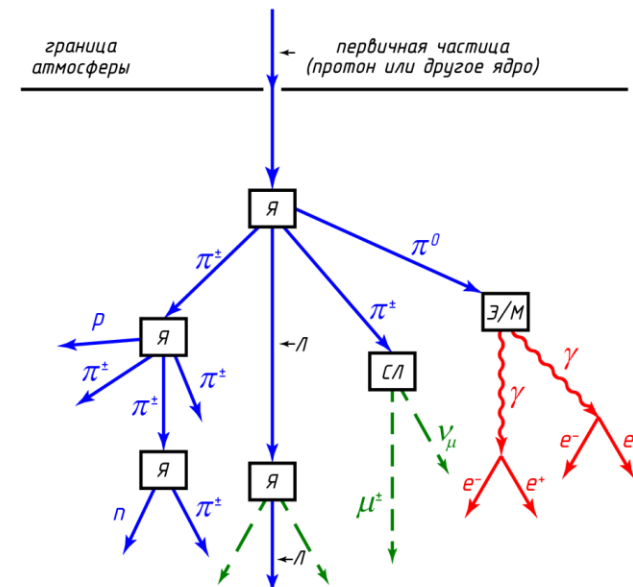
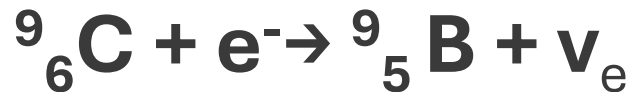


Рис 4. Качественная схема взаимодействия протона космических лучей с ядрами в земной атмосфере.

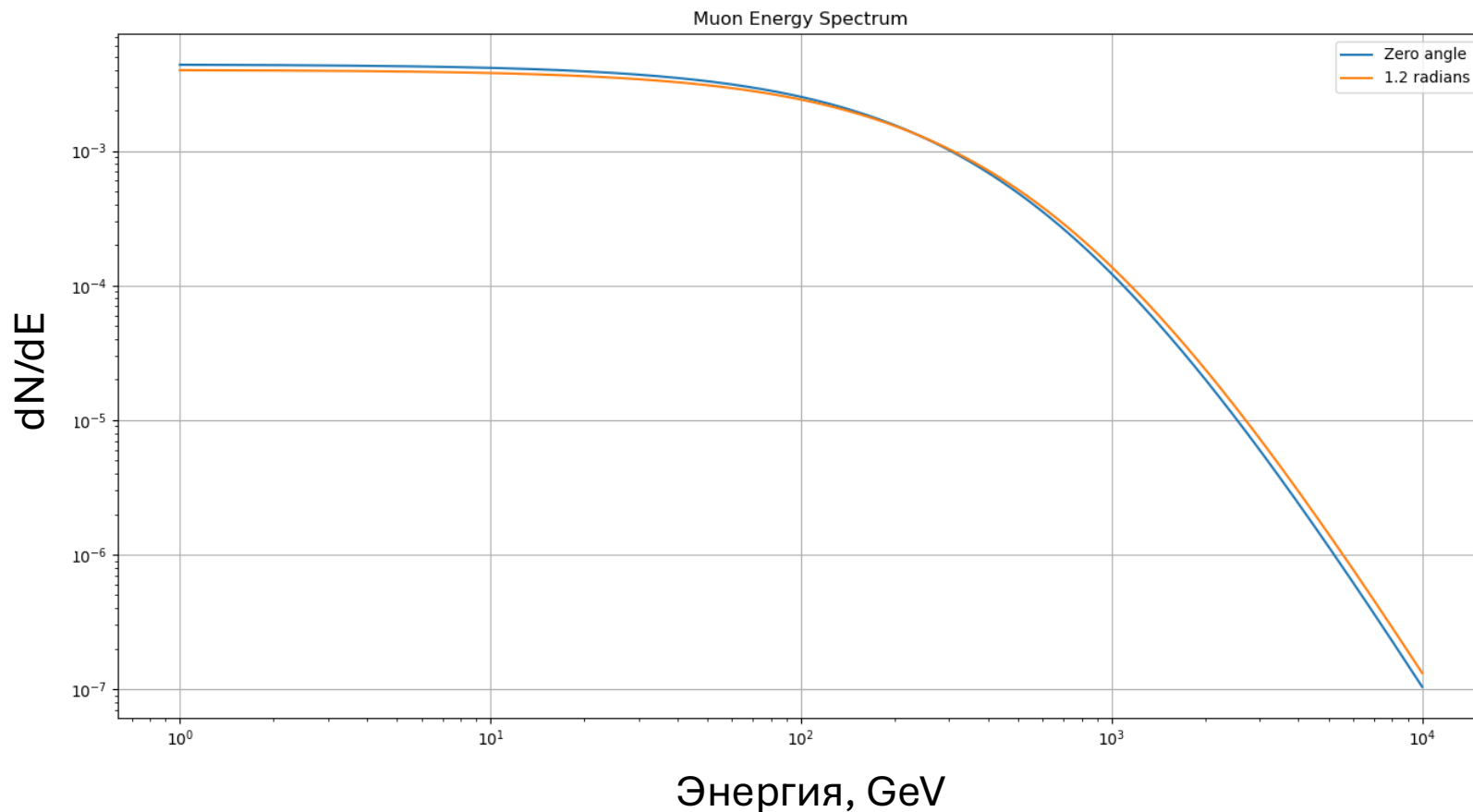
Распределение мюонов по энергиям.

Средний поток мюонов на глубине 2 км под землей[2]:

$$I_{\mu} = (3.3 * 10^{-10}) \mu / (\text{s} * \text{cm}^2)$$

Средняя энергия мюонов:

$$\langle E \rangle = 350 \text{ GeV}$$

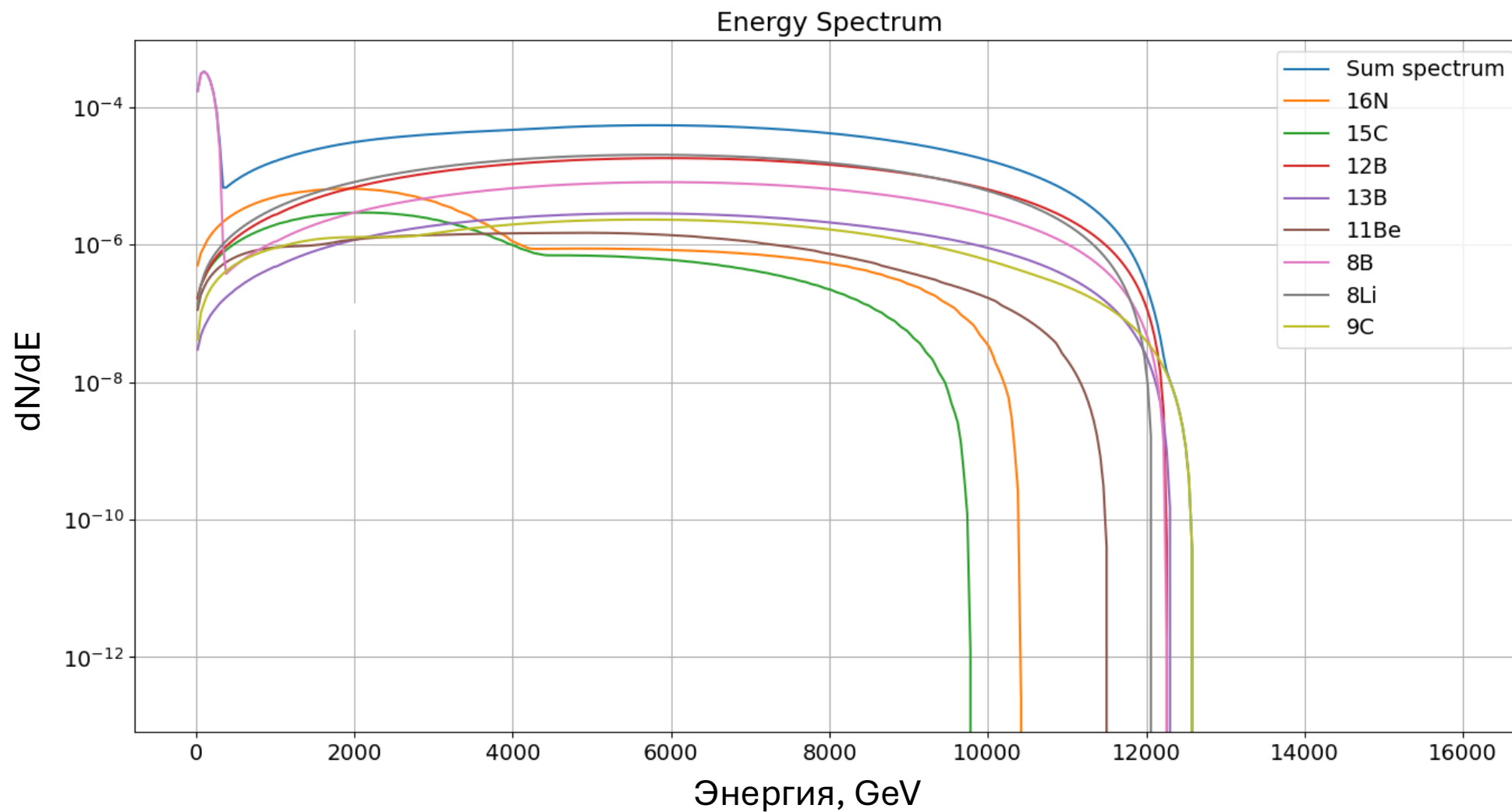


[2] Amaudruz, P.-A., et al. (2017). Design and construction of the DEAP- 3600 dark matter detector. *Astroparticle Physics*, 85, 1–23.

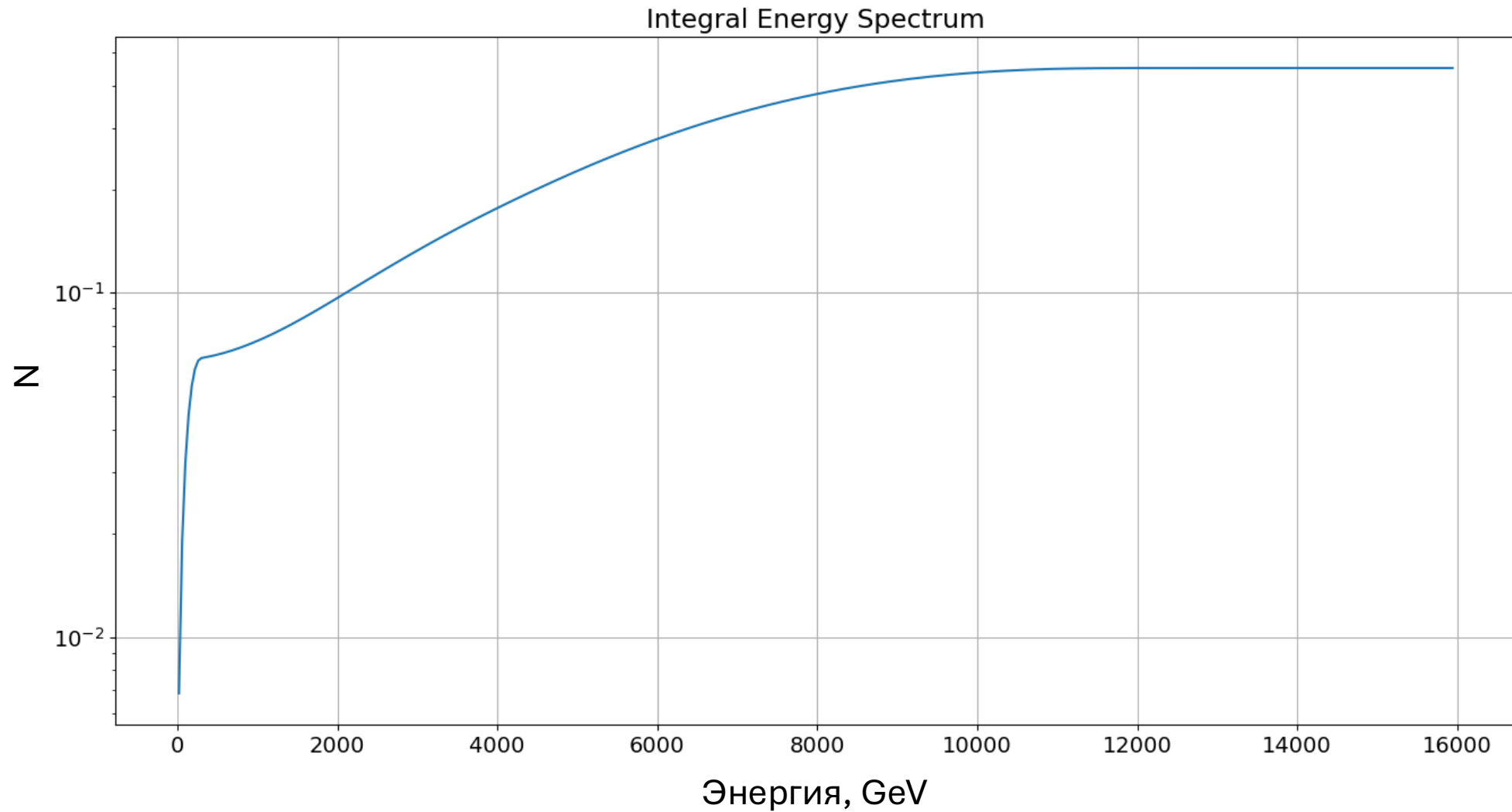
Таблица изотопов с энергией распада более 9 MeV, образующихся в аргоне на протяжении эквивалента 97 лет наблюдений в модели на Fluka.

| Element | Number of isotopes | Decay | Half-life |
|----------------|---------------------------|------------------------|------------------|
| 15C | 1 | beta- | 2,449 s |
| 9C | 2 | electron capture beta+ | 126,5 ms |
| 13B | 2 | beta- | 17,36 ms |
| 12B | 13 | beta- | 20,20 ms |
| 8B | 6 | electron capture beta+ | 770 ms |
| 11Be | 1 | beta- | 13,76 s |
| 8Li | 14 | beta- | 839,9 ms |

Дифференциальный спектр энерговыведения изотопов (за 1 год).



Интегральный суммарный спектр энерговыделения изотопов (за 1 год).



Обработка результатов

- Всего изотопов, с энергией выше 9 MeV, образованных в детекторе за счет космических мюонов:

$N_1 = 0.4$ изотопа в год

- Распадов с энергосвободением выше 9 MeV:

$N_2 = 0.01$ распад в год

План на будущее.

- Модель на Fluka имела упрощенную геометрию детектора, поэтому уточнение модели является шагом в сторону улучшения точности результатов.
- На основе уточненной модели будет рассчитан фон космогенного происхождения от образующихся изотопов во всем энергетическом диапазоне детектора DEAP-3600.
- Учет временного окна мюонного вето.

Спасибо за внимание.

Приложения:

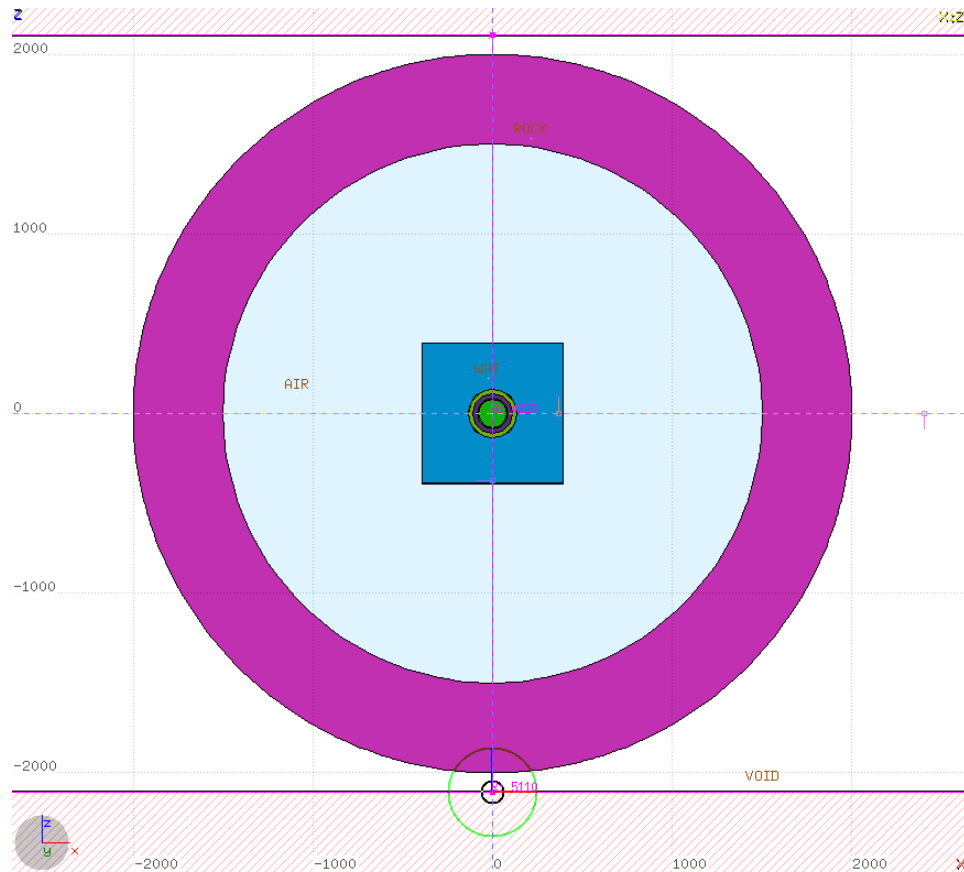


Рис 5. Модель детектора.

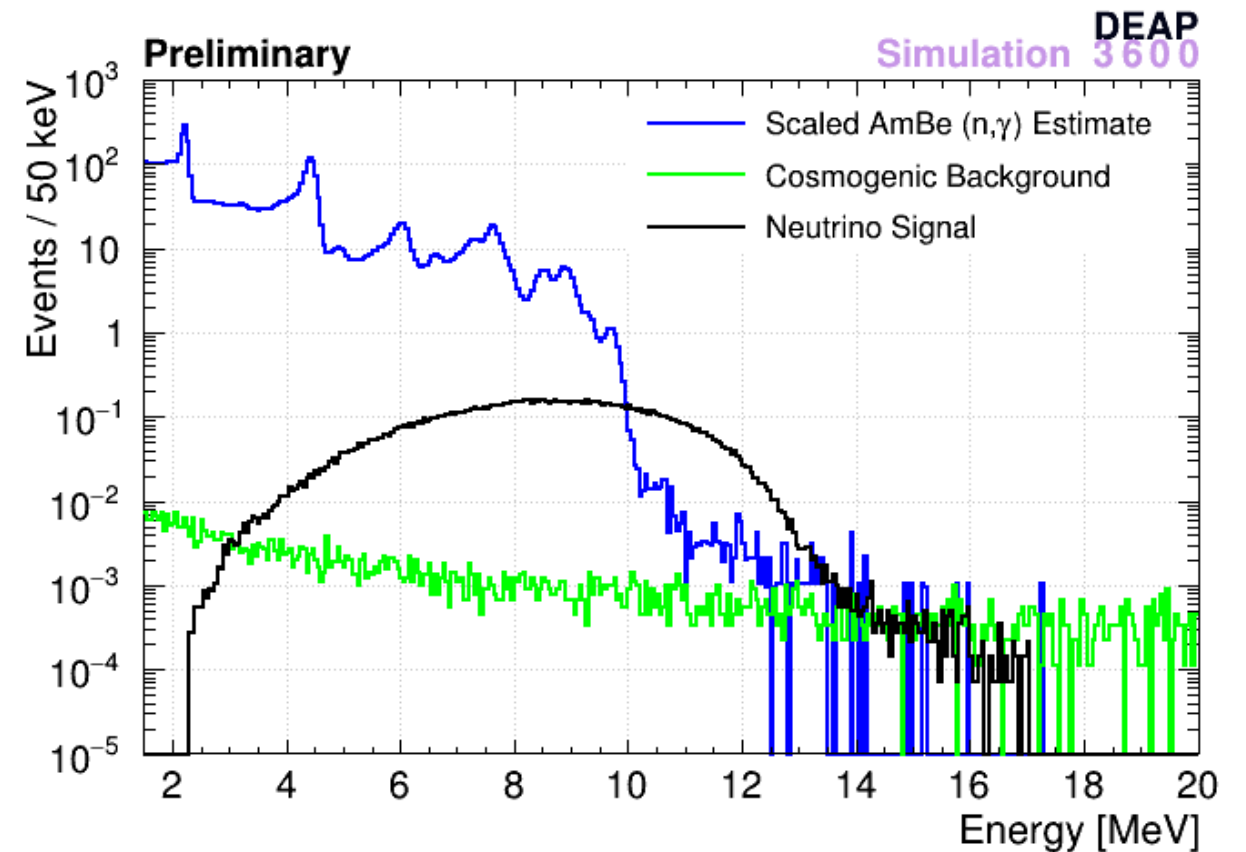


Рис 6. Энергетический спектр от собственной радиоактивности материалов, космогенных мюонов и солнечных нейтрино в DEAP-3600[1].

[1] Ellingwood E. Searching for neutrino absorption in ^{40}Ar 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.