

Обработка данных эксперимента GEMMA по поиску магнитного момента у электронного нейтрино

Дипломную работу выполнил:
Медведев Д.В.

Научный руководитель:
д.ф.м.н. Егоров В.Г.

План

- Цель работы
- Теоретические предсказания и экспериментальные результаты
- Эксперимент GEMMA
 - Описание
 - Фоновые условия
 - Анализ данных
- Заключение

Цель работы

- анализ источников фона в эксперименте GEMMA
- исследование различных методов подавления фона
- анализ полученных данных

Теоретические оценки μ_ν

- Минимально расширенная Стандартная модель (MSM)

$$\mu_\nu \cong 10^{-19} \mu_B * \frac{m_\nu}{1eV}$$

- Расширения за границей MSM:

$$\mu_\nu \sim 10^{-10} - 10^{-11} \mu_B$$

- Можно померить экспериментально

Экспериментальные ограничения на μ_ν

- Из астрофизики (*He* звезды, белые карлики, SN 1987 A):

$$\mu_\nu < 10^{-11} - 10^{-12} \mu_B$$

- Солнечные нейтрино (SK, KamLAND):

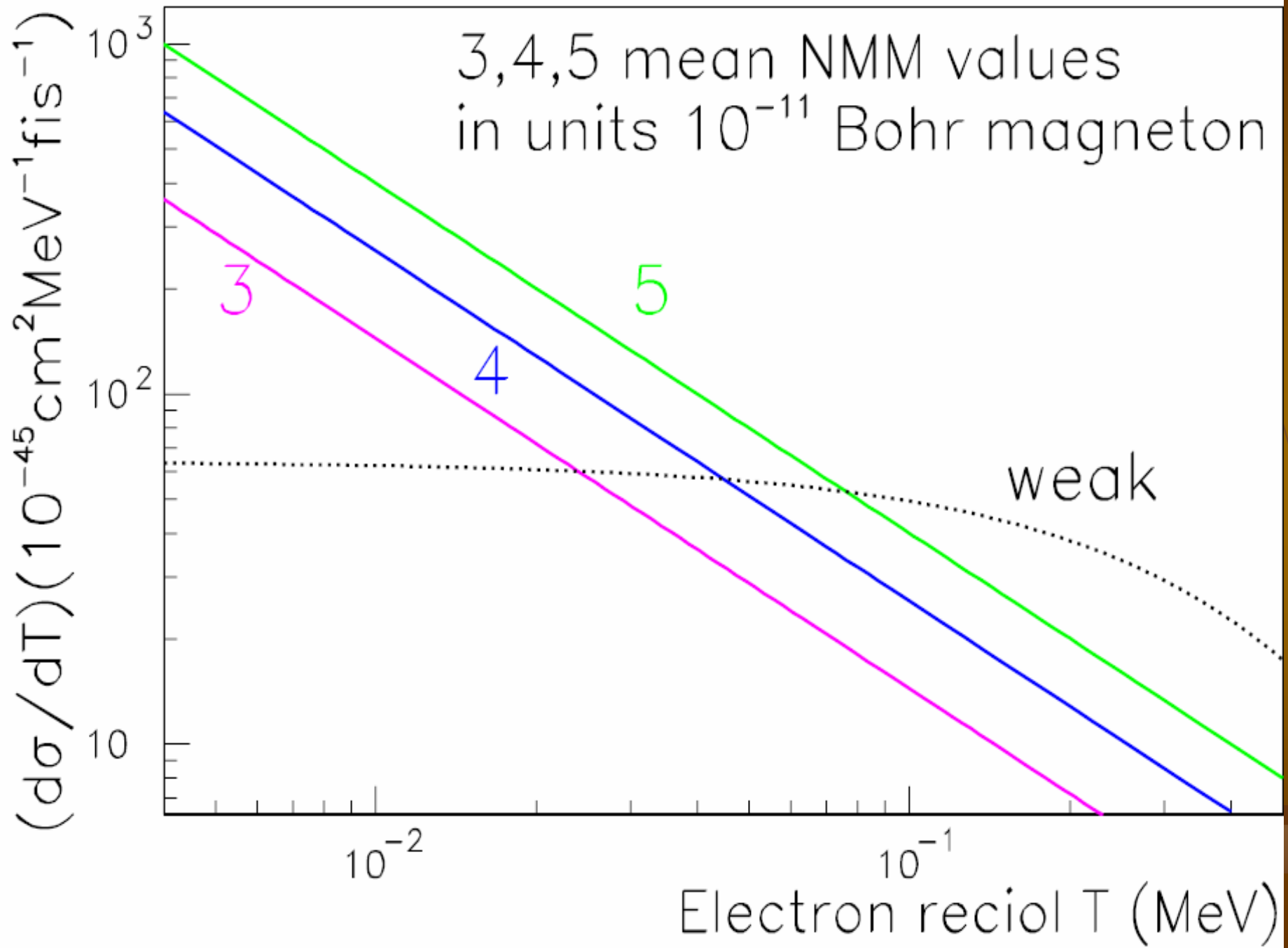
$$\mu_\nu < 1,1 * 10^{-10} \mu_B$$

- Реакторные эксперименты (Ровно, MUNU, TEXONO):

$$\mu_\nu < (0,9 - 1,9) * 10^{-10} \mu_B$$

Измерение μ_ν на реакторе

- Измерение энергии отдачи электрона T в $\bar{\nu}_e - e$ рассеянии
- Сечение взаимодействия $d\sigma / dT$ есть сумма двух:
$$d\sigma^w / dT + d\sigma^m / dT$$
- Каждое сечение по своему зависит от T



Реактор на Калининской АЭС

- Мощность 3 ГВт
- Вкл./Выкл. 315/50 д.
- Расстояние от установки до реактора – 14,5 м
- 70 м в.э. над установкой

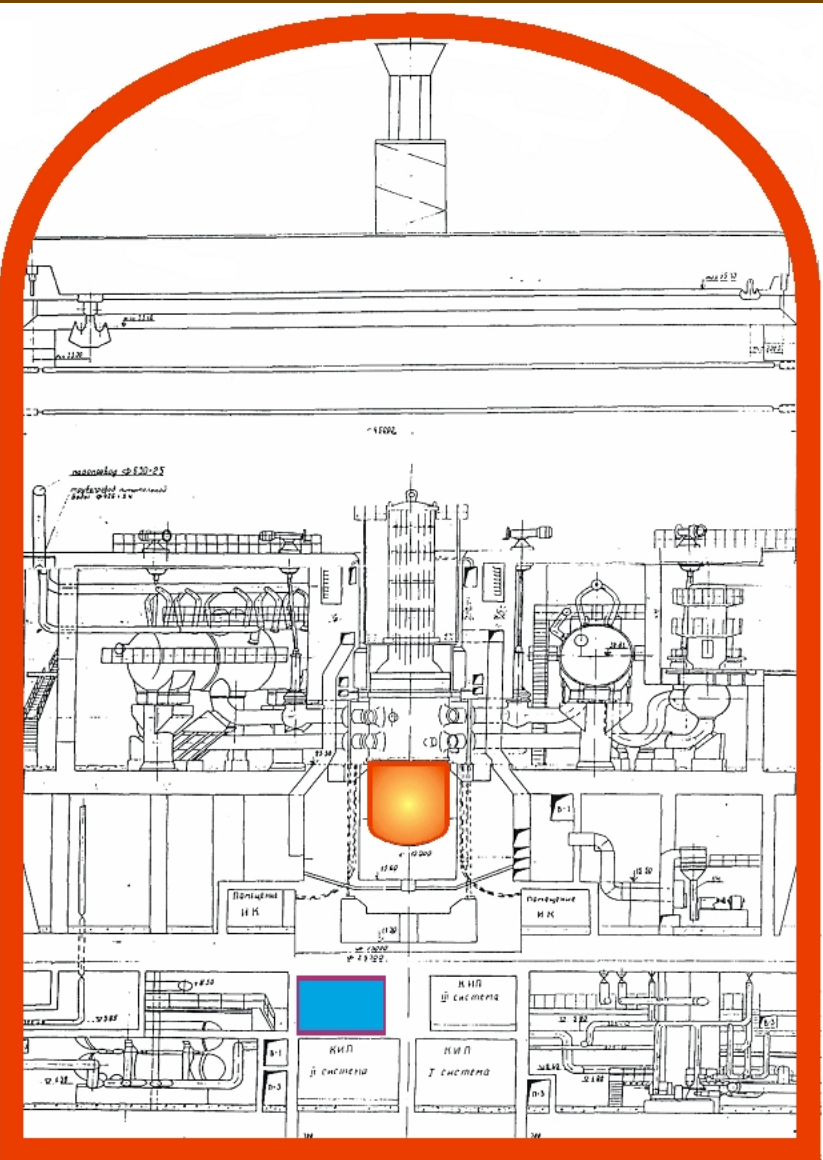
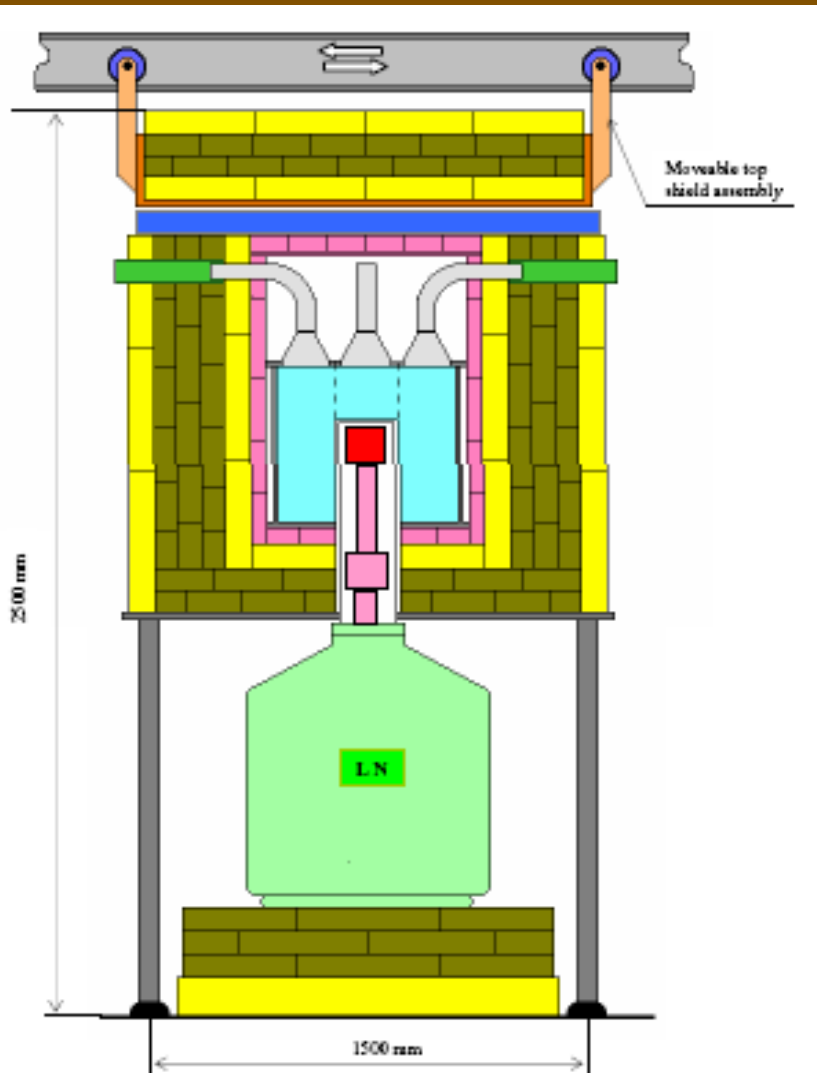


Схема установки



- Сверхчистый Ge;
- Охладитель — жидкий азот, проводник тепла — медь;
- Сцинтилляционное вето NaI;
- Фотоумножители и световоды;
- Органическое мюонное сцинтилляционное вето;
- Пассивная защита.

Источники фона в низкофоновых экспериментах

^{222}Rn — благородный газ, продукт распада ^{238}U ;

^{210}Pb — углубленная «грязь», продукт распада ^{222}Rn ;

^{40}K — стекло, долгоживущий изотоп;

^{60}Co — медь, генерируется космическим излучением;

^{68}Ge — неустраним, находится в материале Ge спектрометра, при распаде дочерних ядер излучается рентген с максимумом около 10 КэВ; изотоп нарабатывается космическим излучением.

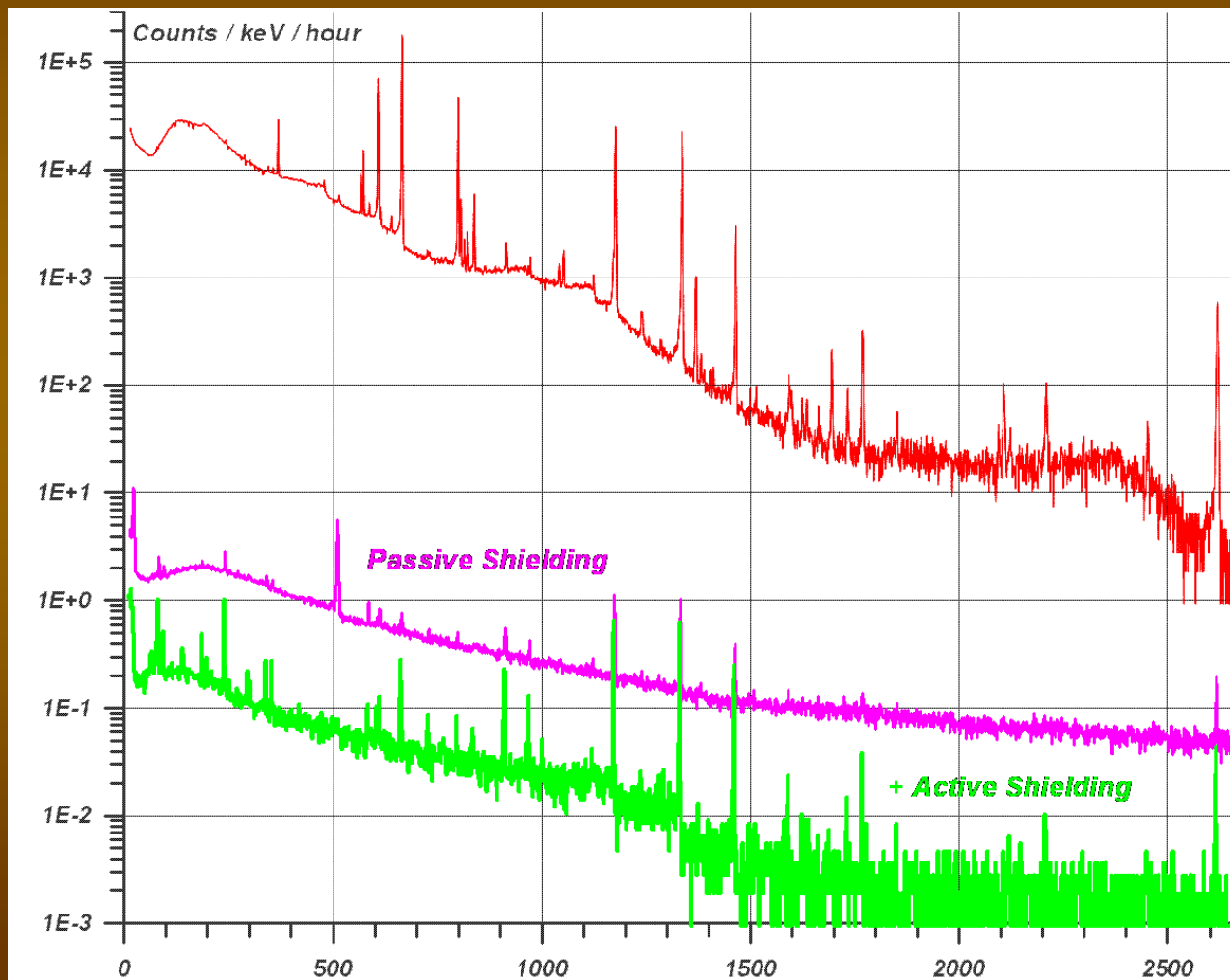
Космическое излучение (мюоны)

Фоновые условия в эксперименте GEMMA

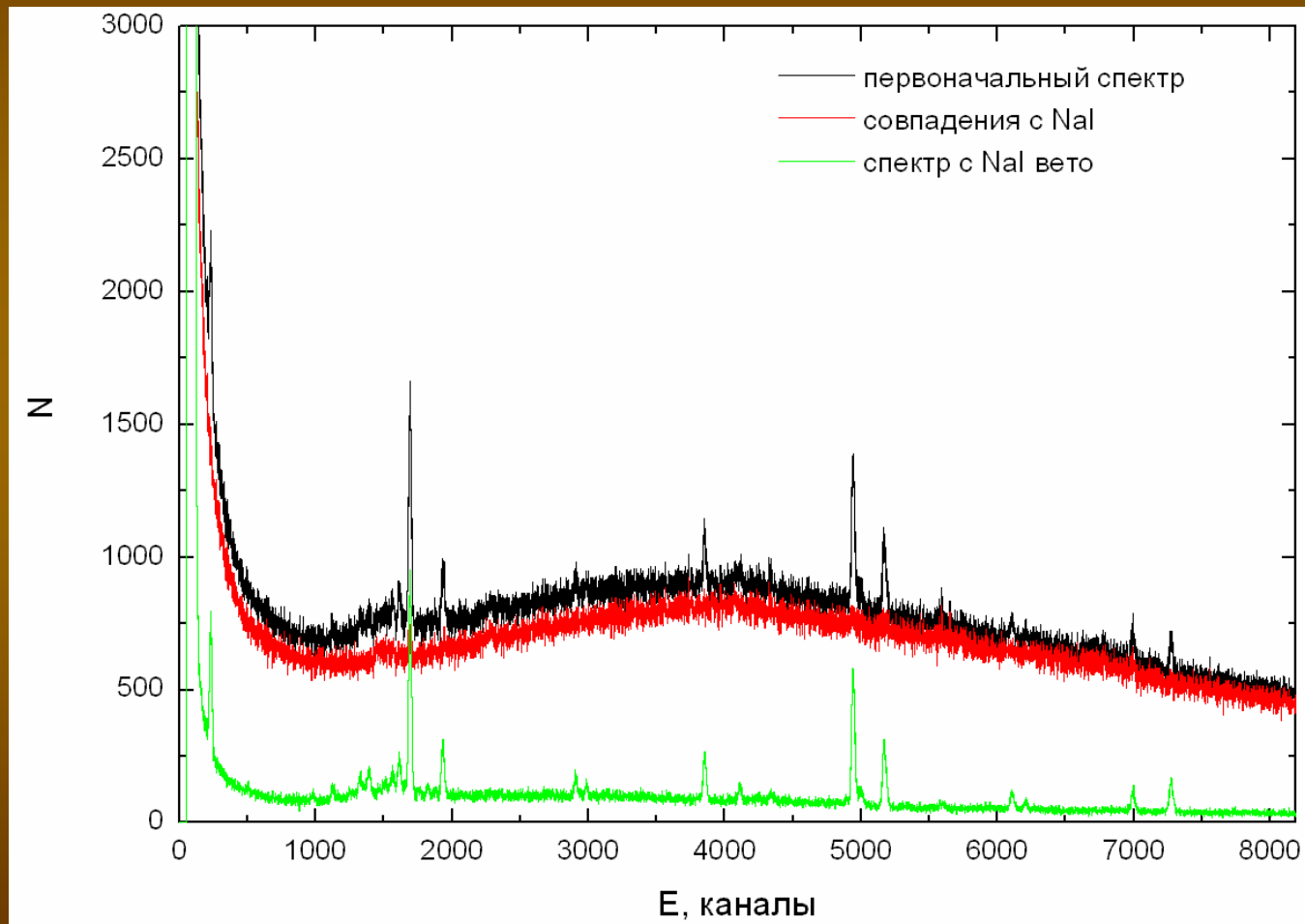
- Гамма-излучение: ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{134}Cs
- Нейтронный фон - в 30 раз меньше, чем за пределами атомной станции
- Заряженная компонента космического излучения была подавлена в 5 раз



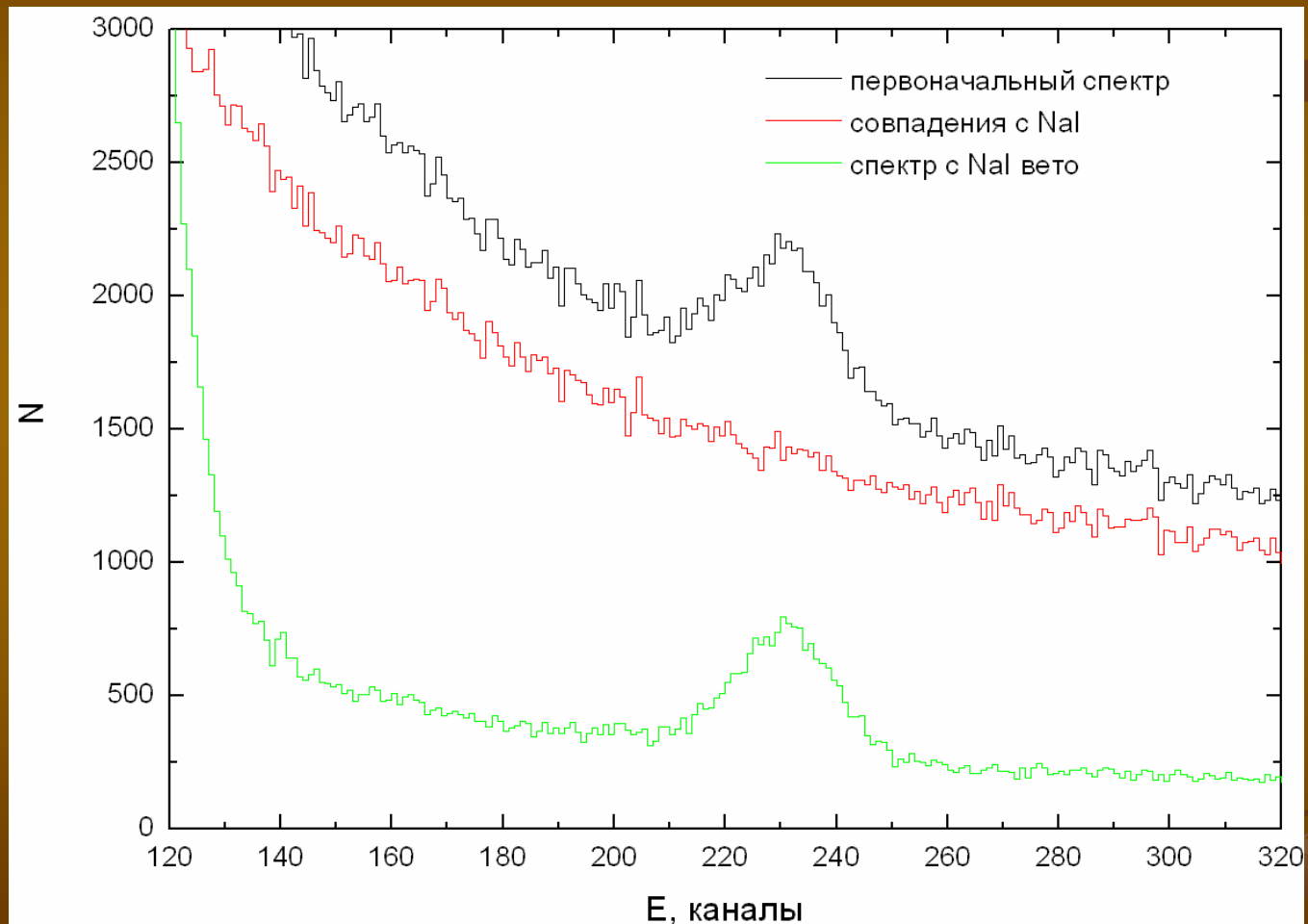
Пример работы защиты



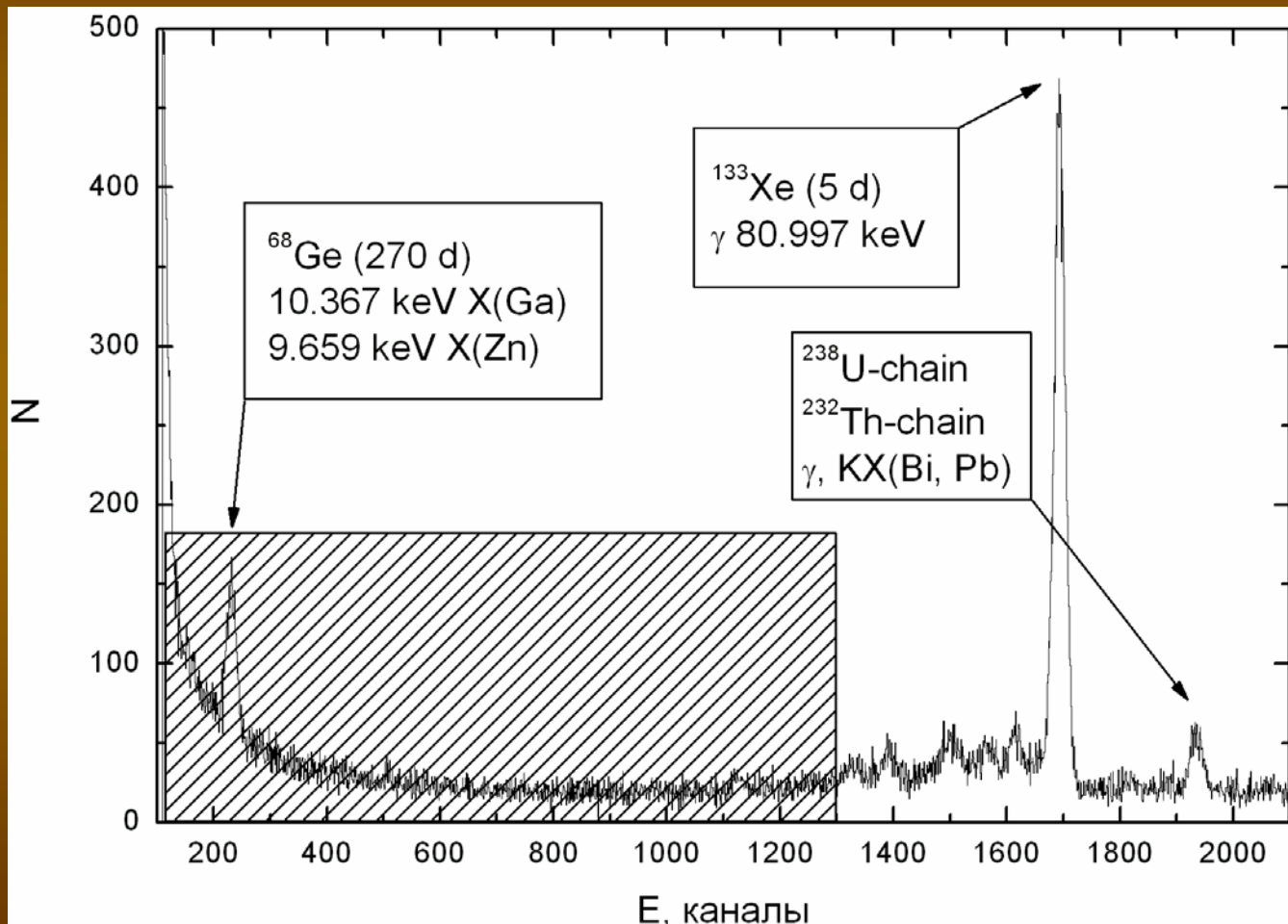
Анализ событий

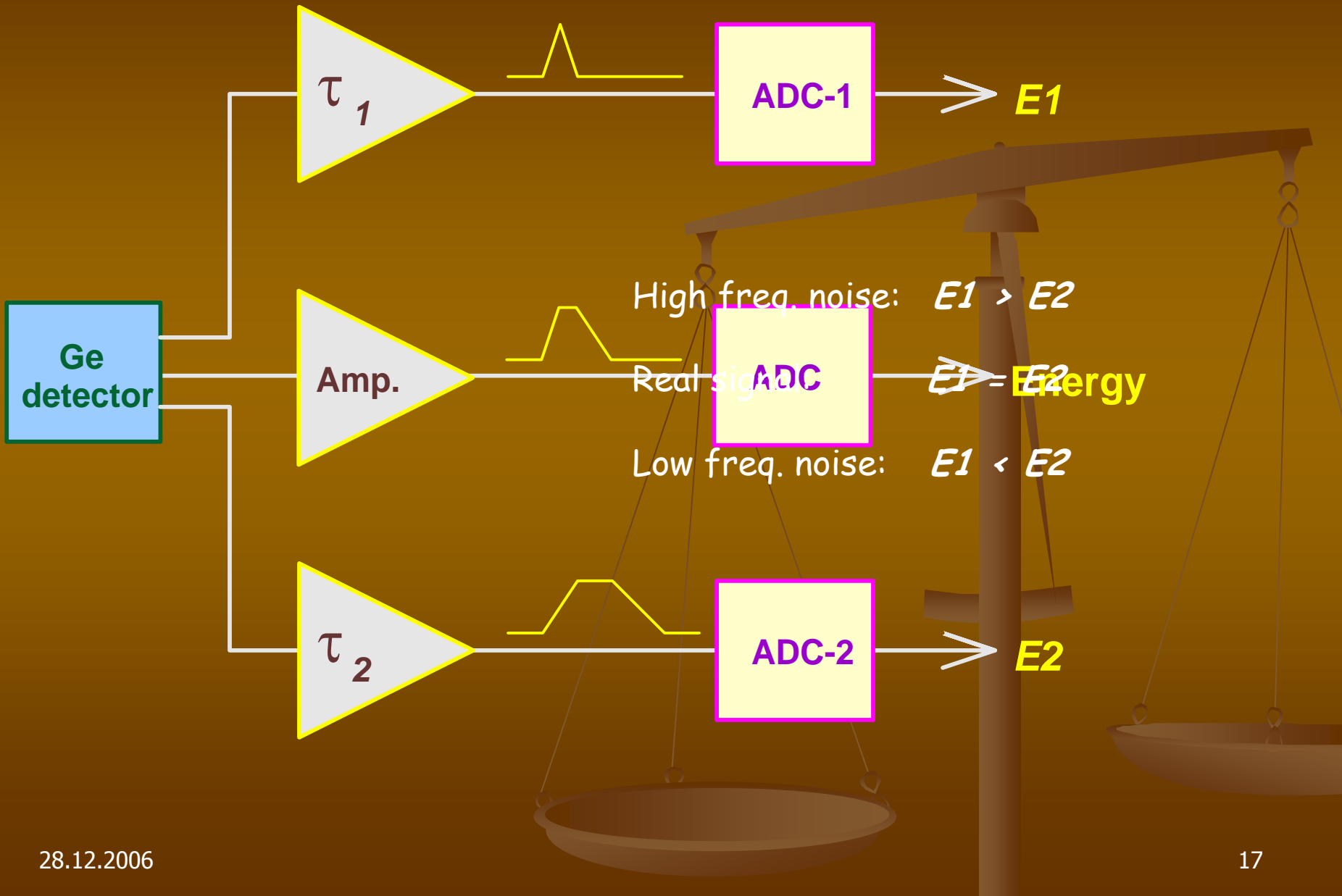


Использование активной защиты

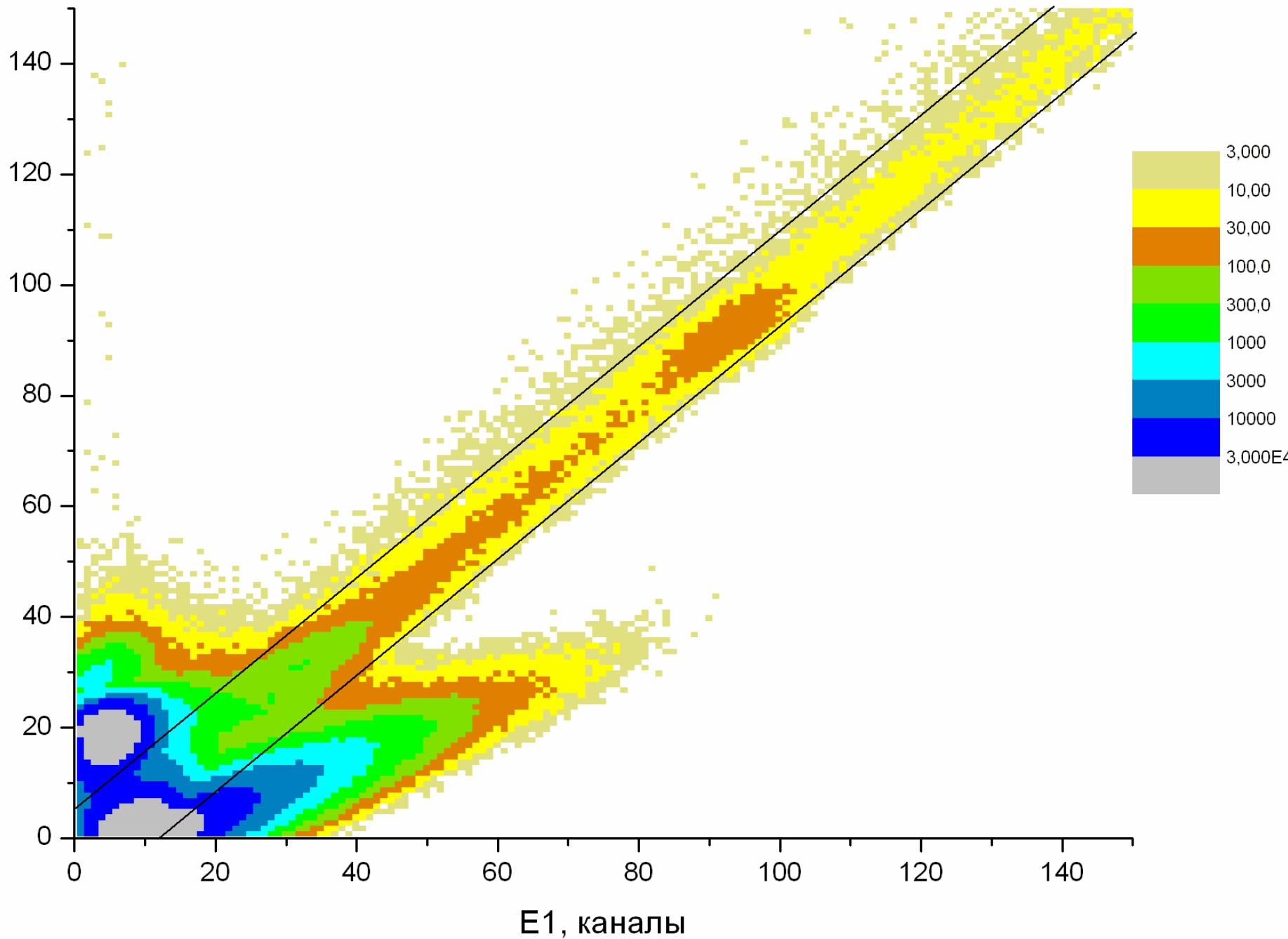


Наблюдаемый фон

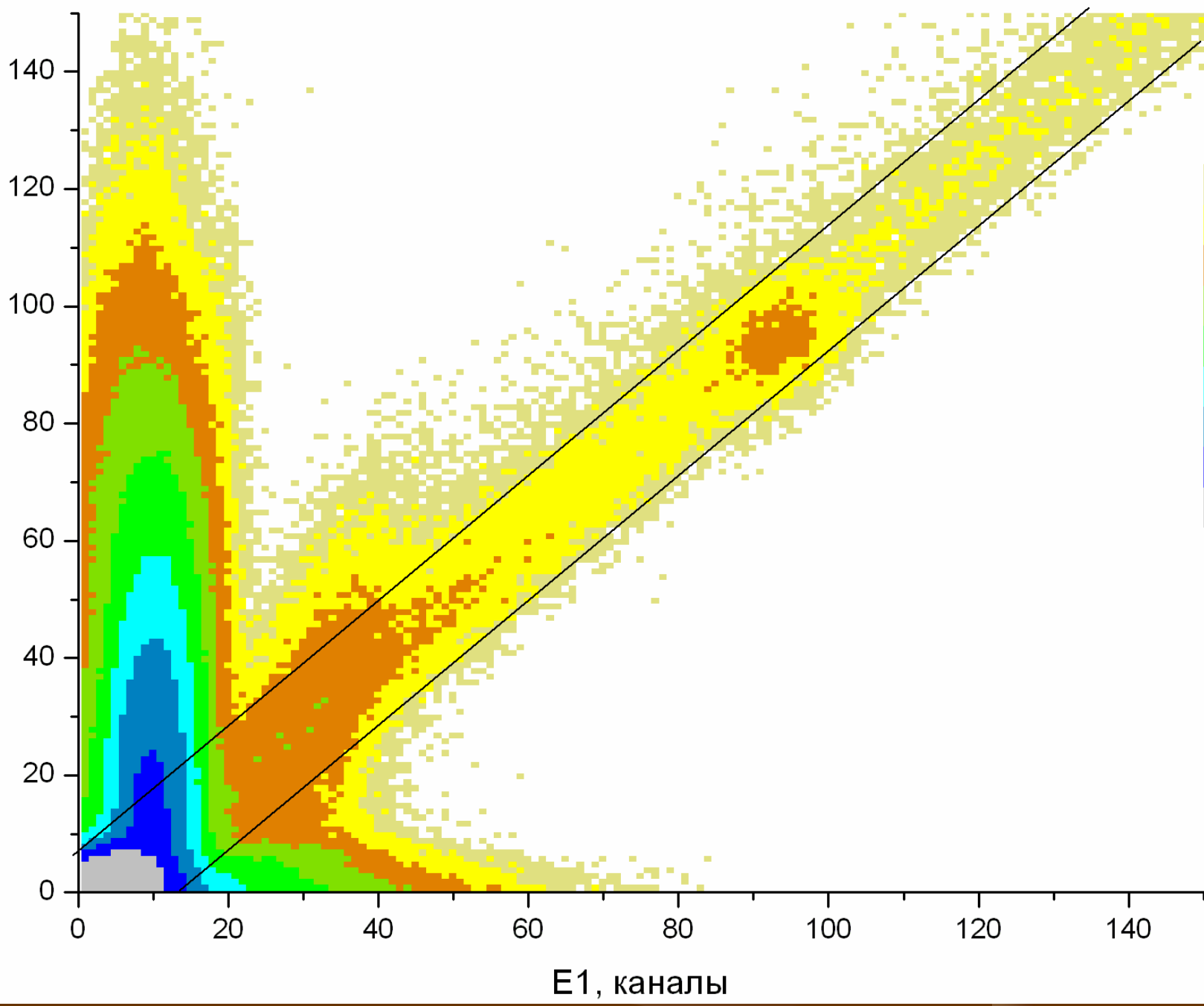




E2, каналы

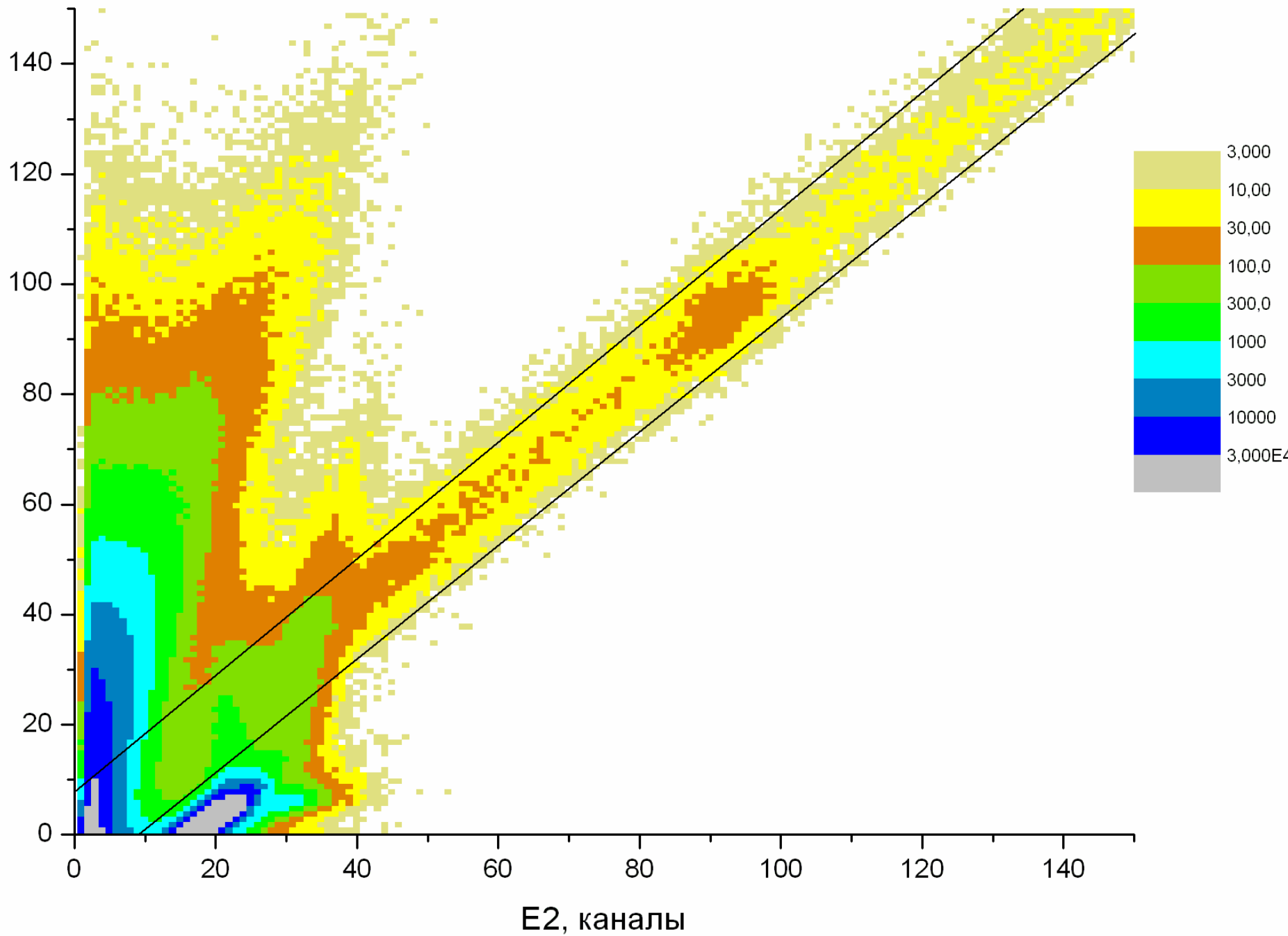


E3, каналы

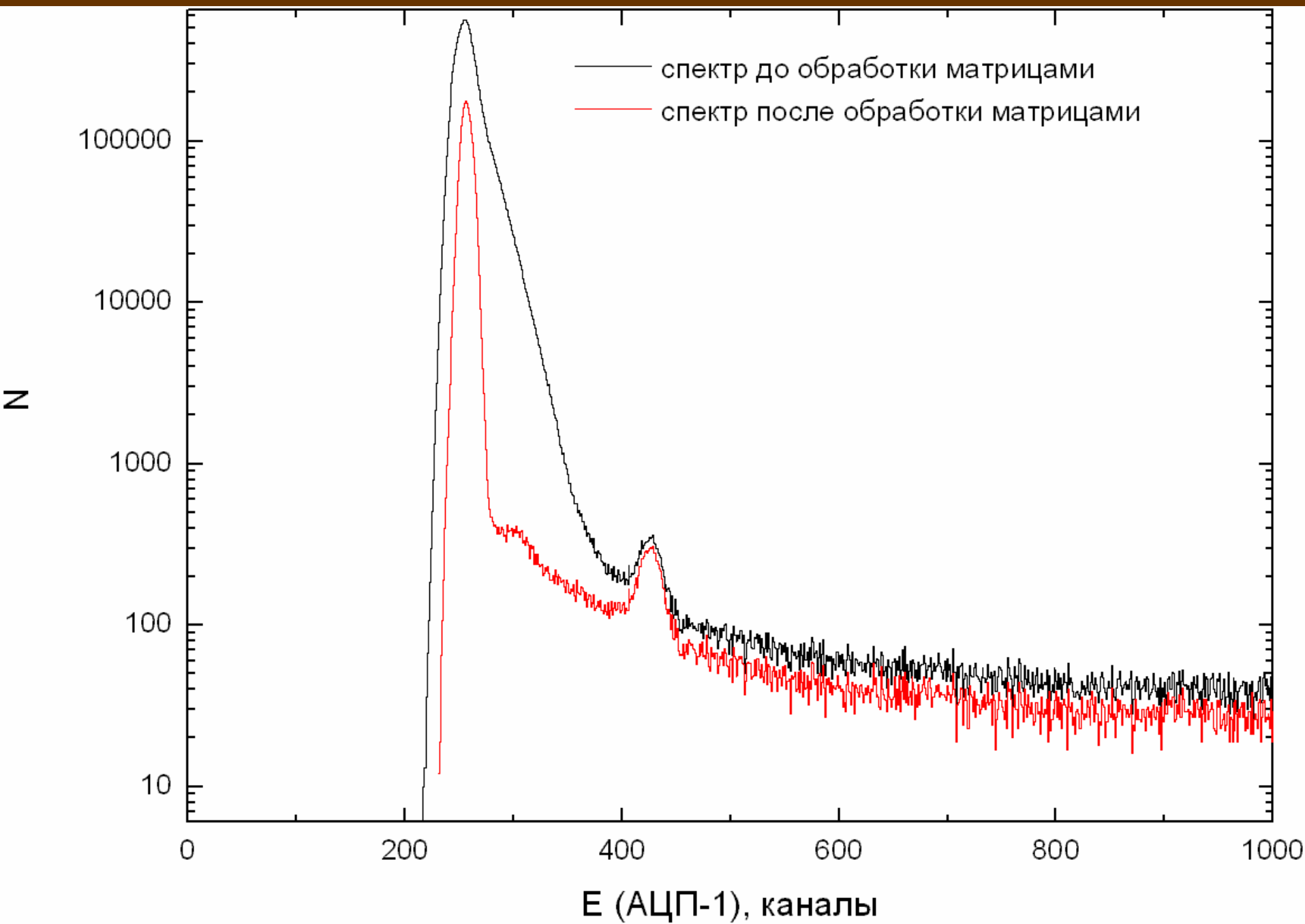


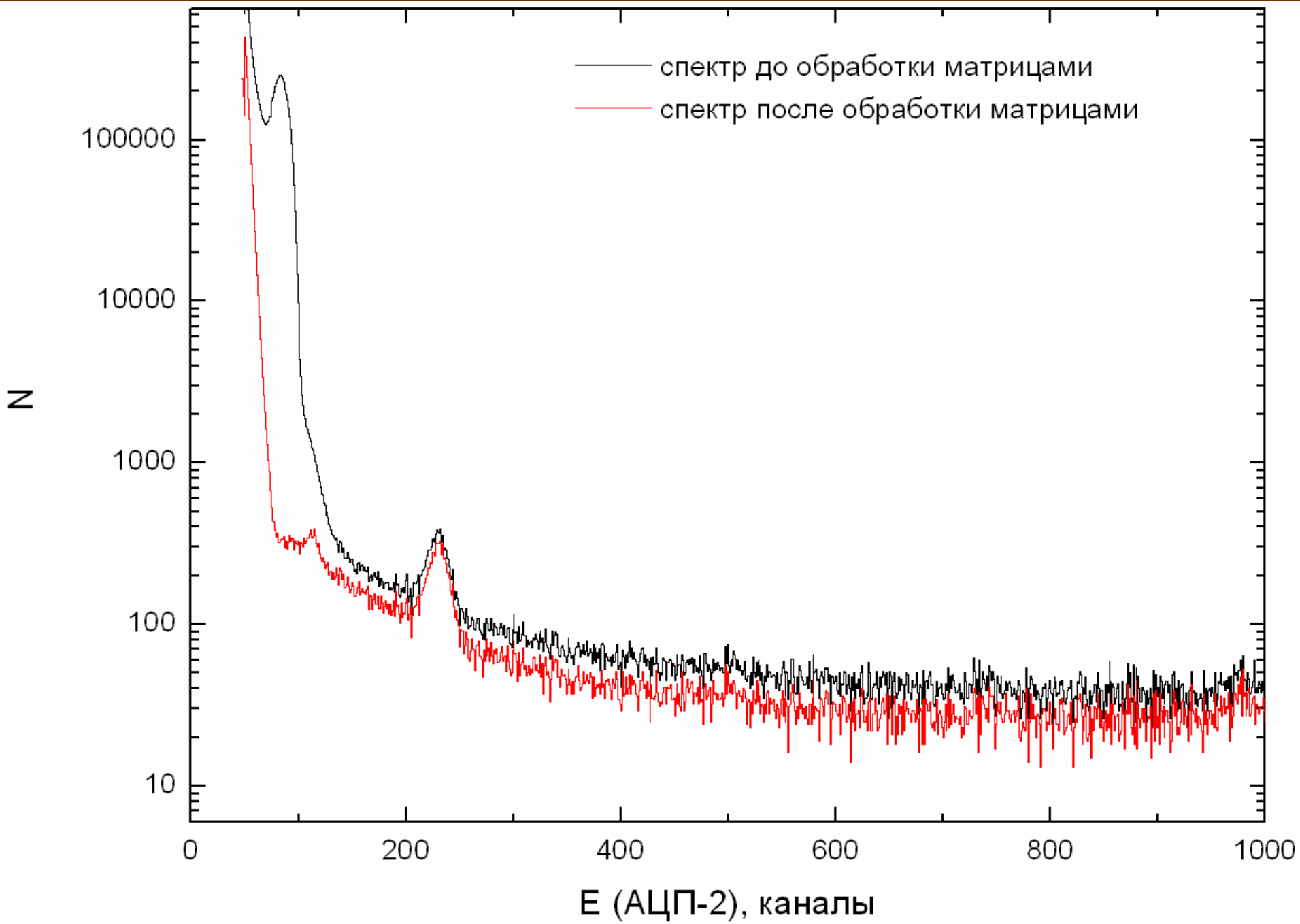
E1, каналы

E3, каналы

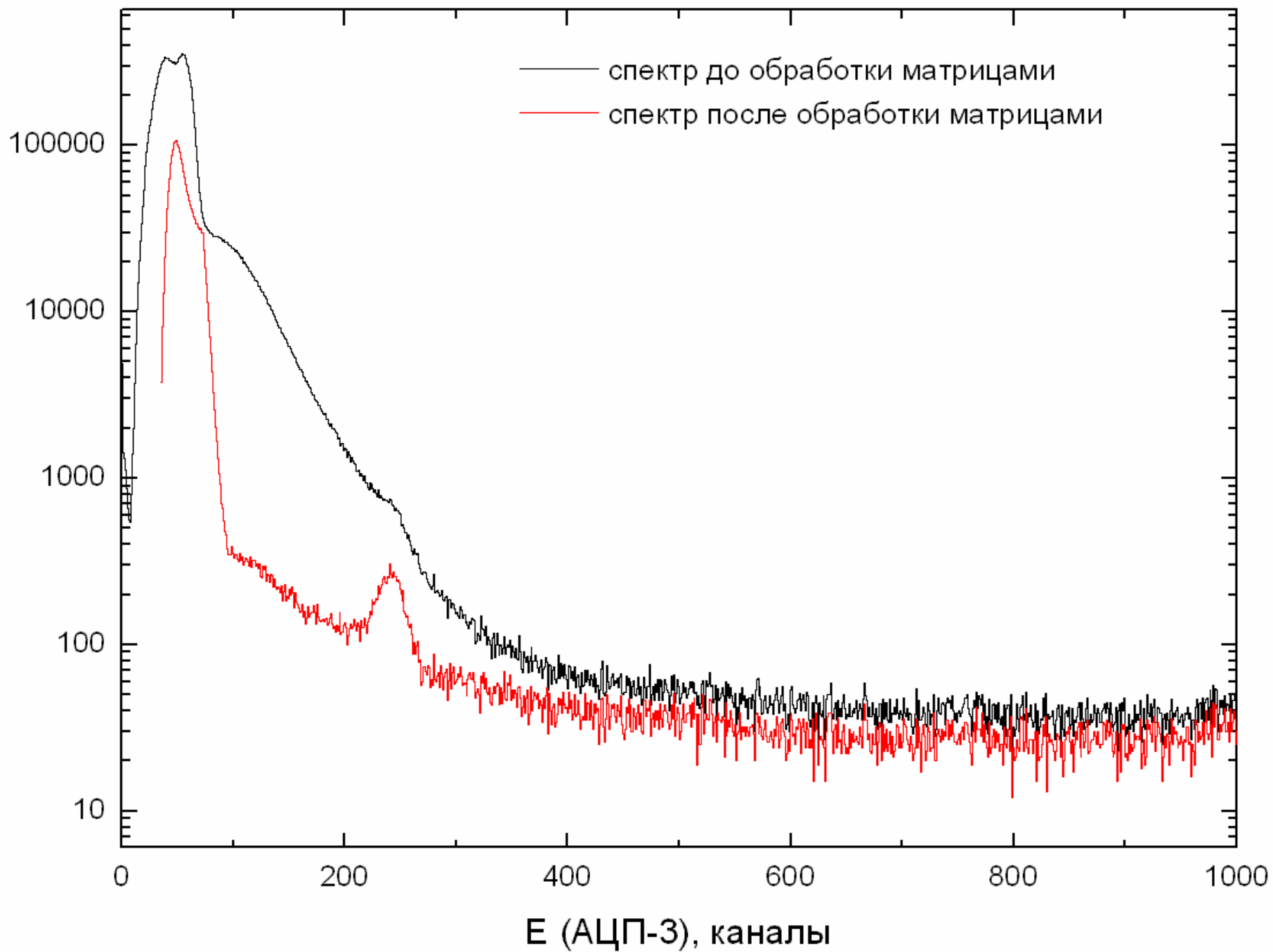


E2, каналы

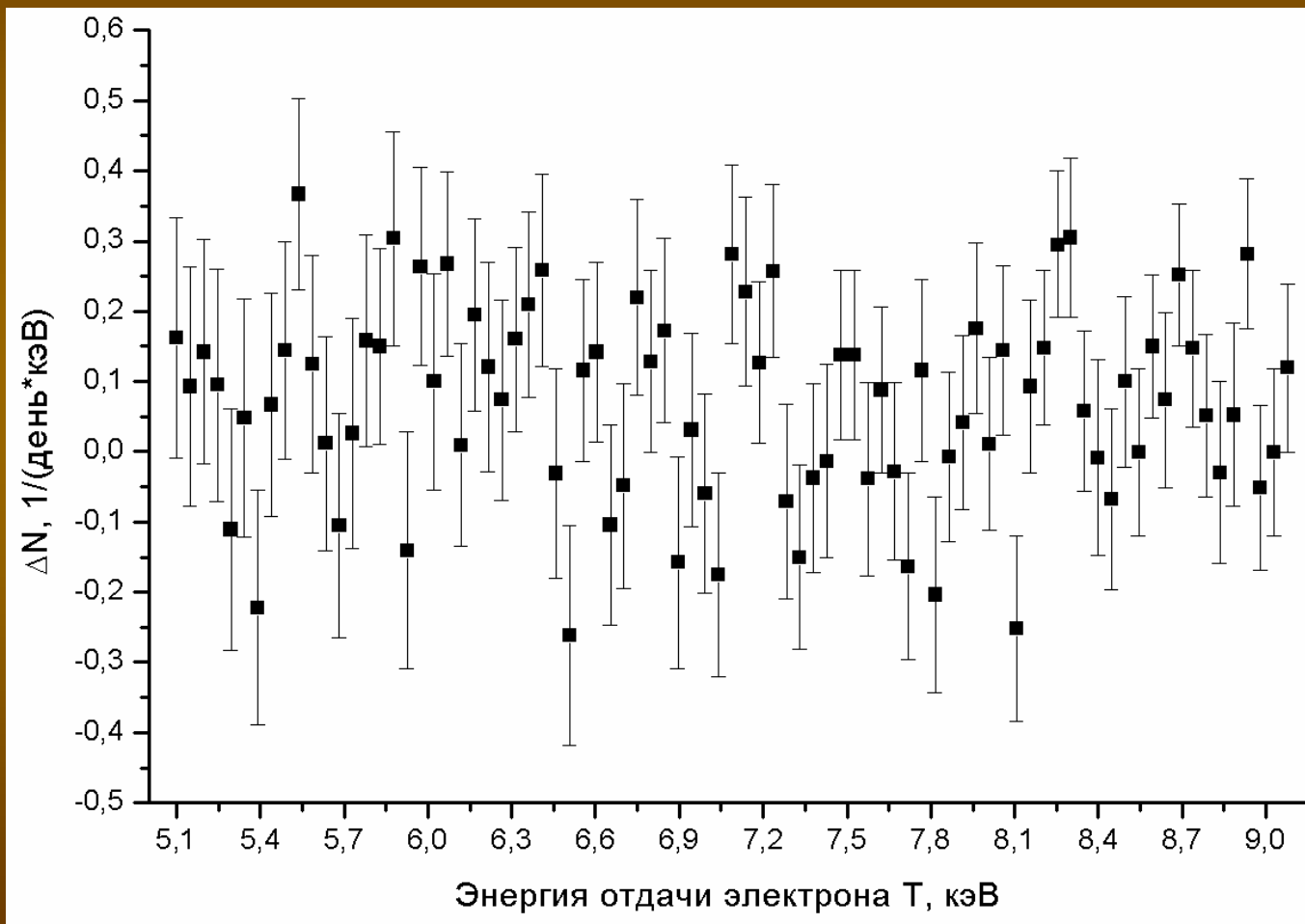




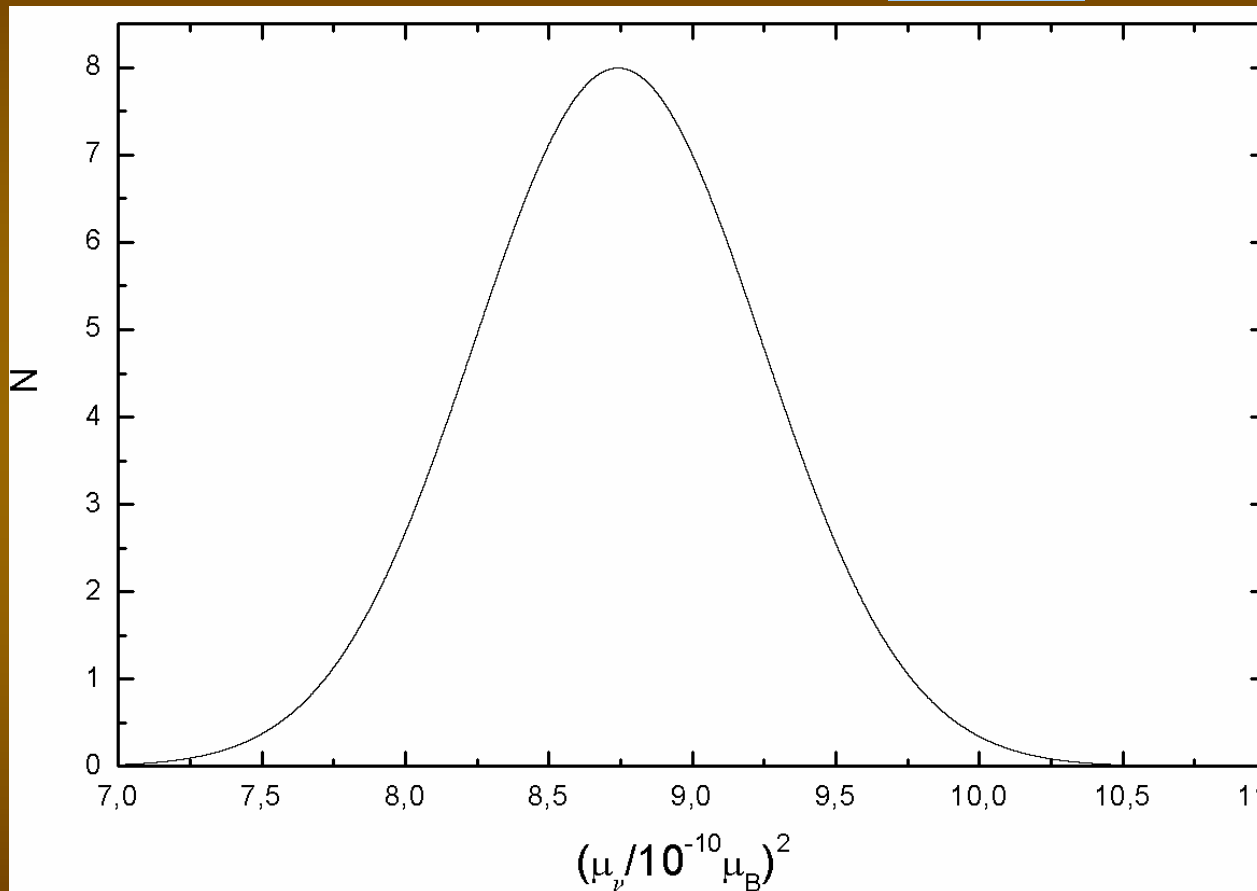
N



Анализ данных в режимах «ON» и «OFF»



Оценка μ_ν



$$\mu_\nu = (2,96 \pm 0,22) * 10^{-10} \mu_B \quad (99\% \text{ C.L.})$$

Сравнение с экспериментом TEXONO

	TEXONO	GEMMA
Масса Ge детектора m	1,06 кг	1,5 кг
Расстояние от центра активной зоны r	28 м	14,5 м
Тепловая мощность реактора W	3 ГВт	3 ГВт
Поток $\bar{\nu}_e(\phi_\nu)$	$0,56 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
Порог срабатывания (T_{\min})	12 КэВ	2 КэВ
Фоновые события в мягкой области (B)	$1 \text{ (КэВ} \cdot \text{кг} \cdot \text{день)}^{-1}$	$2,5 \text{ (КэВ} \cdot \text{кг} \cdot \text{день)}^{-1}$
Время экспозиции t	3,5 года	2 года
Ограничение на $\mu\nu$	$< 1,3 \cdot 10^{-10} \mu_B$	$< 5,0 \cdot 10^{-11} \mu_B$

Заключение

- Проанализированы:
 - источники фона в эксперименте GEMMA
 - методы подавления фона и их эффективность
- Создана программа по обработке данных эксперимента:
 - построены энергетические спектры
 - реализована идея по дополнительному подавлению фона
- Получена оценка чувствительности эксперимента: $\mu_v \leq 2,2 * 10^{-11} \mu_B$

Благодарности

- Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю, доктору физико-математических наук В. Г. Егорову, за неоценимую помощь на этапе обработки данных и написании дипломной работы, а также доктору физико-математических наук В. Б. Бруданину за объяснения роли составляющих установки. Хотелось бы также выразить благодарность Р. В. Васильеву, М. В. Ширченко, А. В. Клинских и Д. Р. Зинатулиной за помощь и поддержку на протяжении всего периода написания настоящей работы.