

# Отчет

о научно-исследовательской работе на тему:

## Исследование альфа-активности в детекторе DEAP-3600

Научный руководитель:

Доц., к.ф.-м.н.

А. В. Гробов

Студент

М. А. Семичева

# Цели работы:

- Выделение региона событий с  $\alpha$ -распадами  $^{210}\text{Po}$ ;
- Определение вклада различных компонент в общую активность  $^{210}\text{Po}$ ;
- Вычисление величин, необходимых для расчета активности  $^{210}\text{Po}$ :
  - корреляций между весами компонент,
  - вероятностей срабатывания триггеров,
  - живого времени сбора данных,
  - учет коррекции наложений,
- Вычисление активности  $^{210}\text{Po}$  в объеме и на поверхности детектора.

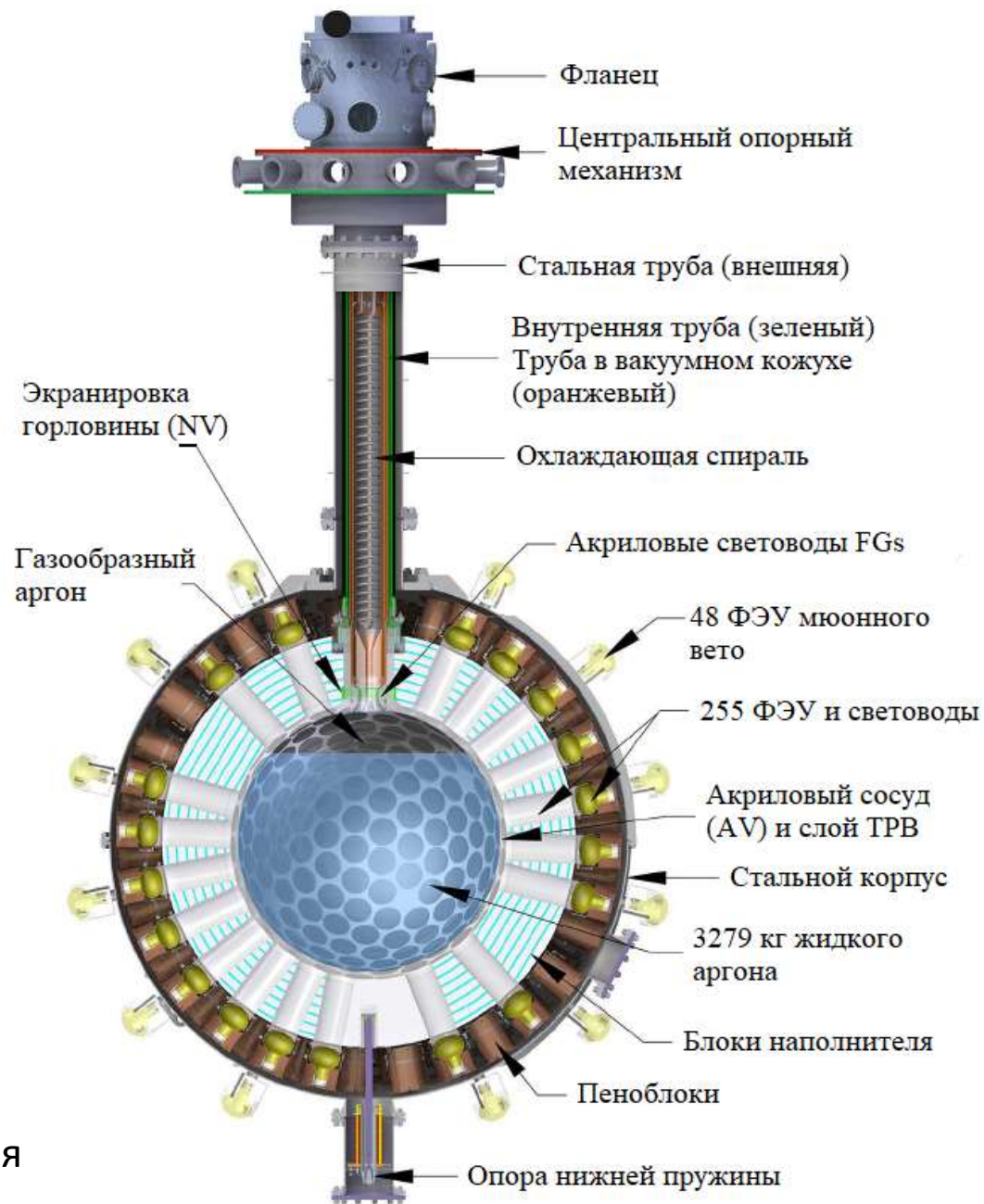
# Эксперимент DEAP-3600

Прогнозируемая  
чувствительность с точки зрения  
спин-независимого поперечного  
сечения рассеяния WIMP-ов на  
ядре составляет

$$10^{-46} \text{ см}^2$$

при энергии 100 ГэВ/с<sup>2</sup>

Рисунок 1 - Схема поперечного сечения  
детектора DEAP-3600



# Фоновые события от $\alpha$ -распадов $^{210}\text{Po}$

MC события

$\alpha$  MC Populations

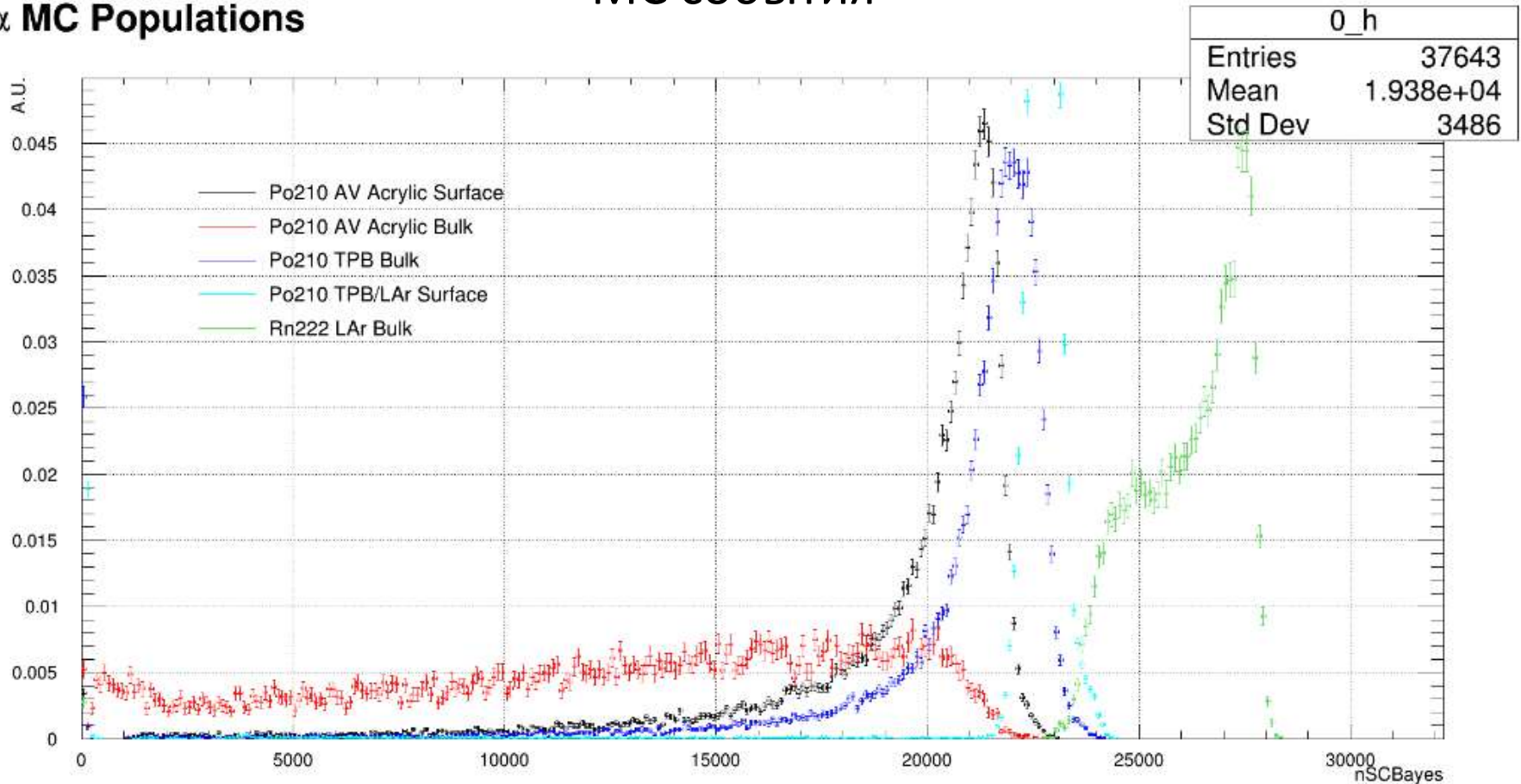


Рисунок 2 - Распределения фотоэлектронов от  $\alpha$ -распадов  $^{210}\text{Po}$  в разных частях детектора и распределение фотоэлектронов от  $\alpha$ -распадов  $^{222}\text{Rn}$  в объеме LAr

# Экспериментальные данные

## Three Years DataSet Alpha Populations

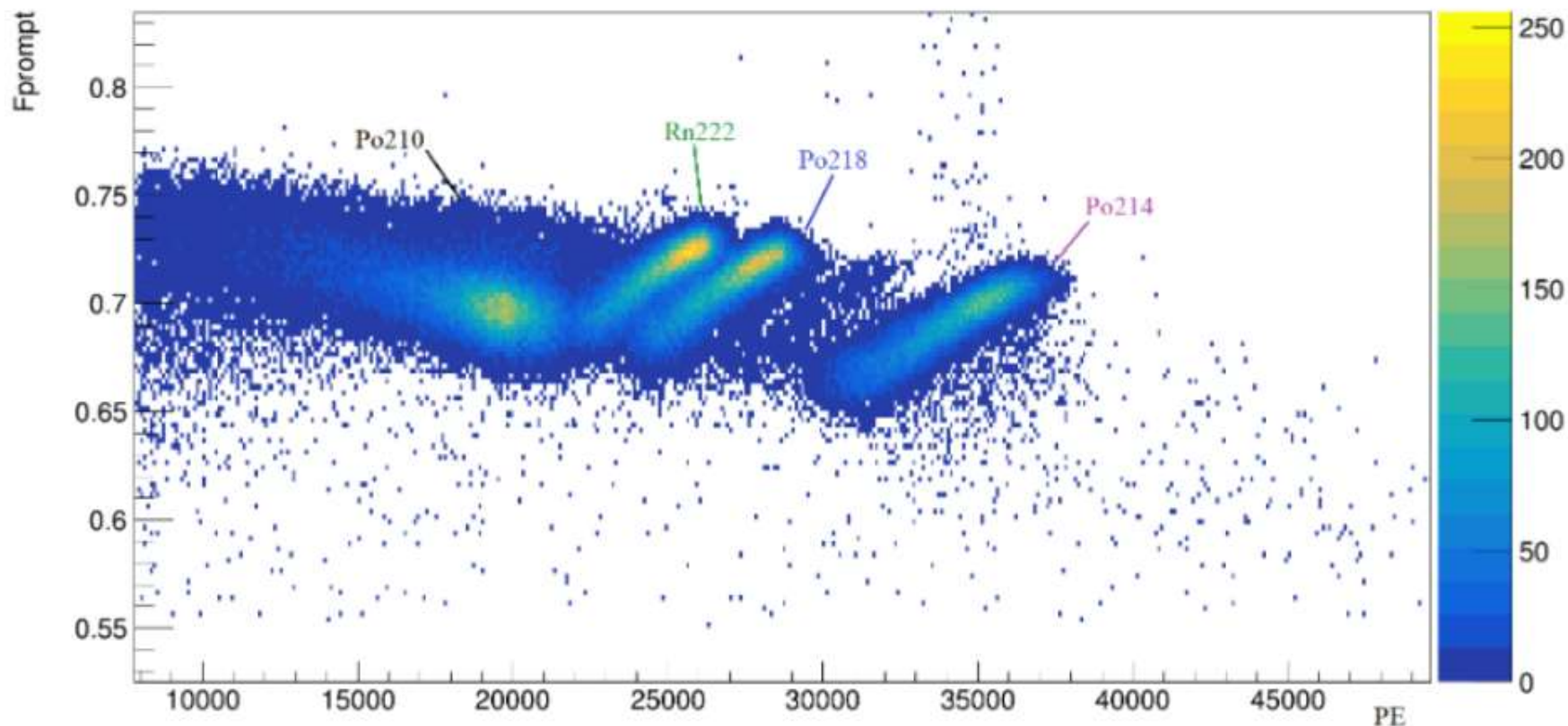


Рисунок 3 - Распределение экспериментальных данных в плоскости (Fprompt, PE), где Fprompt – параметр дискриминации формы импульса и PE – количество фотоэлектронов

## Выделение контрольной области: критерии отбора

Таблица 1 - Критерии отбора, используемые для выделения региона событий с  $\alpha$ -распадами  $^{210}\text{Po}$

№	Критерий отбора	Используемое ограничение	Кол-во оставшихся событий	% событий от начального
1	Количество ФЭ	$9000 < PE < 23000$	-	-
2	Fprompt	$> 0.55$	37738	-
3	Триггер мюонного вето	$(!(dtmTrigSrc \& 0x82))$	37712	$0.07 \pm 0.73$
4	Случайное срабатывание триггера	$(!(Calcut \& 0x31f8))$	37486	$0.60 \pm 0.72$
5	Исключение черенковских событий	$f_{maxpe} < 0.75$	37486	$0.00 \pm 0.73$
6	Z координата	$< 500 \text{ mm}$	36783	$1.88 \pm 0.72$
7	subeventN	$== 1$	35248	$4.17 \pm 0.71$
	Итого:		35248	$6.60 \pm 0.69$

Fprompt vs. nSCBayes Three Years Dataset

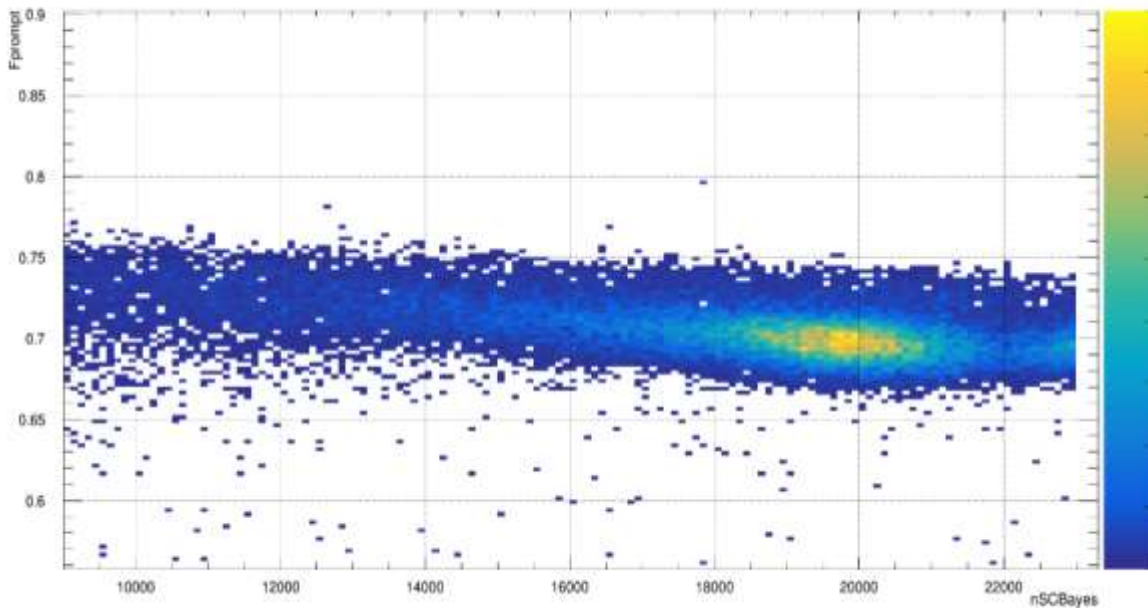


Рисунок 4 - Распределение оставшегося количества событий после применения ограничений для выделения интересующей области событий от  $\alpha$ -распадов  $^{210}\text{Po}$

nSCBayes Three Years Dataset

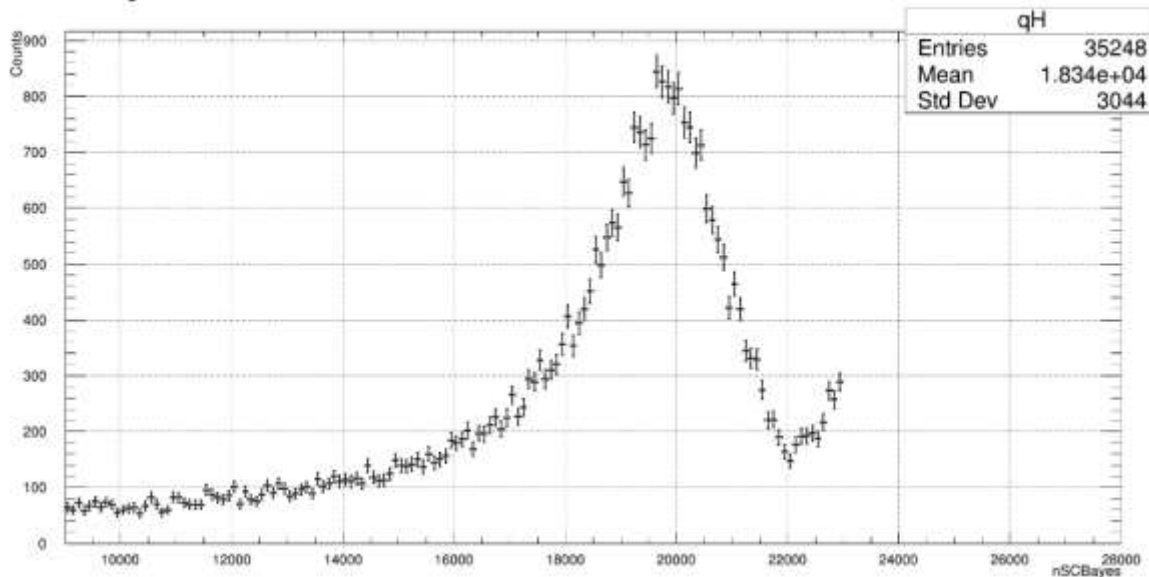


Рисунок 5 - Распределение оставшегося количества событий после применения ограничений для выделения интересующей области событий от  $\alpha$ -распадов  $^{210}\text{Po}$  (одномерное распределение)

# Вычисление величин, необходимых для расчета активности $^{210}\text{Po}$ :

$$N_{trig.} = \sum_u^{N_{comp}} (w^u f_{pileup} N_{trig.}) = t_{live} \times \left( \sum_u^{N_{comp}} \mathcal{A}^u \epsilon^u S^u \right), \quad \sum_u^{N_{comp}} w^u = 1 \quad (1)$$

где  $N_{trig.}$  – количество срабатываний триггера,  
 $w^u$  – веса компонент,  
 $f_{pileup}$  – коррекция наложений,  
 $\mathcal{A}^u$  – активность,  
 $\epsilon^u$  – вероятность срабатывания триггера,  
 $S^u$  – площадь поверхности (или объем),  
 $t_{live}$  – живое время сбора данных.

Тогда активность:

$$\mathcal{A}^u S^u = \frac{w^u f_{pileup} N_{trig.}}{\epsilon^u t_{live}} [Bq] \quad (2)$$



# 1. Веса компонент

Таблица 2 - Полученные значения весов компонент

Параметр	Значение параметра
$\sigma_{TPB}$	0.045
$\mu_{TPB}$	0.95
$\sigma_{LAr}$	0
$\mu_{LAr}$	1
$w^0$	$75.8002 \pm 0.6762\%$
$w^1$	$17.7809 \pm 0.4210\%$
$w^2$	$0.00 \pm 0.2\%$
$w^3$	$3.8887 \pm 0.3006\%$
$w^4$	$4.65 \pm 0.00\%$

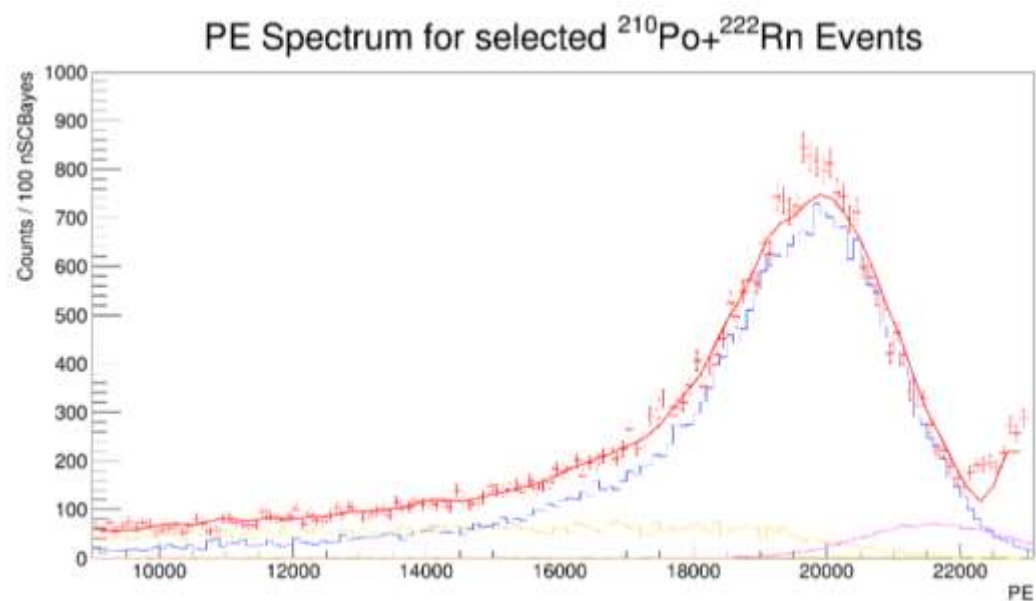


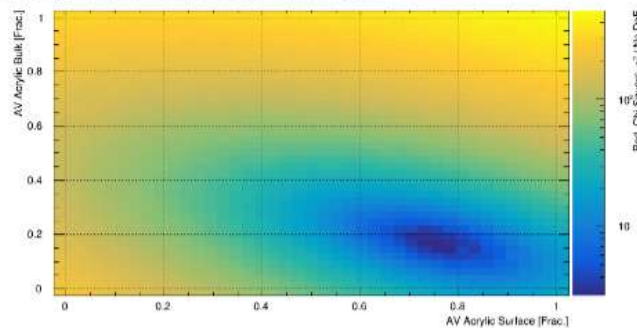
Рисунок 6 - Фитирование спектра  $^{210}\text{Po}$  в диапазоне 9000 ÷ 23000 PE

## 2. Корреляции между весами компонент

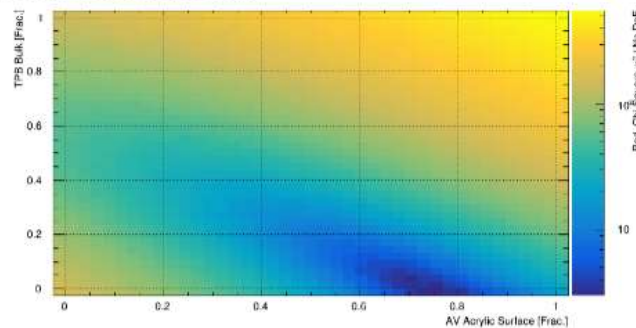
$w_{ij}$	$w_0$	$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_0$	1	-0.53511	-0.0019398	-0.48198
$w_1$	-0.53511	1	0.00028411	0.22023
$w_2$	-0.0019398	0.00028411	1	-0.0021698
$w_3$	-0.48198	0.22023	-0.0021698	1

Таблица 3 - Значения корреляций между весами компонент

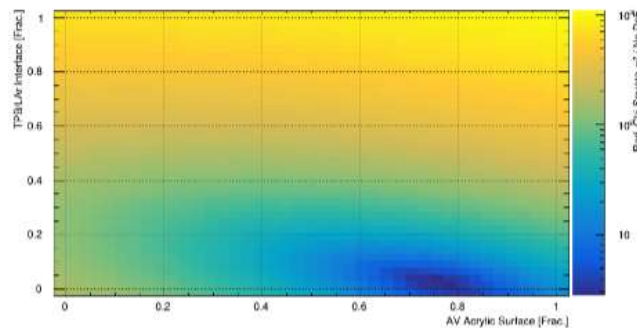
AV Acrylic Surface vs. AV Acrylic Bulk Weights



AV Acrylic Surface vs. TPB Bulk



AV Acrylic Surface vs. TPB/LAr Interface Weights



AV Acrylic Surface vs. Rn222 LAr Bulk Weights

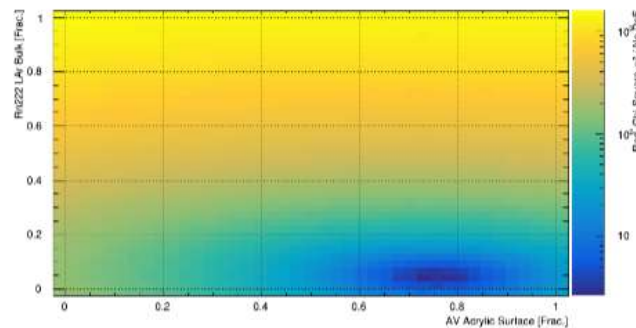


Рисунок 7 – Пример корреляционных контуров

### 3. Вероятности срабатывания триггеров

Таблица 4 – Вероятности срабатывания триггеров

Компонента	Вероятность срабатывания триггера, %
$^{210}\text{Po}$ на поверхности AV	$43.24 \pm 0.28$
$^{210}\text{Po}$ в объеме AV	$10.59 \pm 0.12$
$^{210}\text{Po}$ на поверхности TPB	$45.95 \pm 0.29$
$^{210}\text{Po}$ на поверхности раздела TPB/LAr	$47.68 \pm 0.27$
$^{222}\text{Rn}$ в объеме LAr	$4.11 \pm 0.15$

### 4. Коррекция наложений

После применения ката  $\text{subeventN}=1$  было удалено 4.17% событий

$$\Rightarrow f_{pileup} = \frac{1}{1 - 0.0417} = 1.044 \quad (3)$$

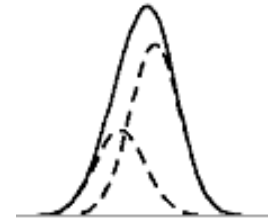


Рисунок 8 – пример наложения событий

### 5. Вычисление живого времени сбора данных

$$t_{live} = 33557691.61 - 3.402 \times 10^{-3} = 33557691.61 \pm 1.00s \quad (4)$$

# АКТИВНОСТЬ

Таблица 5 - Оценка активности для компонент

Компонента	$N_{trig.}$	Активность
$^{210}\text{Po}$ на поверхности AV	24898.1	$0.156 \pm 0.002$ мБк/м <sup>2</sup>
$^{210}\text{Po}$ в объеме AV	6451.59	$5.718 \pm 0.154$ мБк/кг <sup>-1</sup> $2.916 \pm 0.049$ мБк
$^{210}\text{Po}$ на поверхности ТРВ	<1	<0.01 мБк/м <sup>2</sup>
$^{210}\text{Po}$ на поверхности раздела ТРВ/LAr	1327.34	$0.013 \pm 0.001$ мБк/м <sup>2</sup>
$^{222}\text{Rn}$ в объеме LAr	1679.27	$0.379 \pm 0.018$ мкБк/кг <sup>-1</sup>

Учет корреляций в погрешности: 
$$\sigma_{surf} = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + a_{02}\sigma_0\sigma_2 + a_{03}\sigma_0\sigma_3 + a_{23}\sigma_2\sigma_3} \quad (5)$$

Итог:

$^{210}\text{Po}$ на поверхности	=	$0.152 \pm 0.027$ мБк/м <sup>2</sup>
$^{210}\text{Po}$ в объеме	=	$2.875 \pm 0.062$ мБк

# Результаты

- Выделение региона событий с  $\alpha$ -распадами  $^{210}\text{Po}$ ;
- Определение вклада различных компонент, вносящих вклад в общую активность  $^{210}\text{Po}$ ;
- Вычисление ряда величин, необходимых для расчета активности  $^{210}\text{Po}$ , а именно: корреляций между весами компонент, вероятностей срабатывания триггеров, живого времени сбора данных. Также была учтена коррекция наложений;
- Вычисление активности  $^{210}\text{Po}$  в объеме и на поверхности детектора.