

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В.ЛОМОНОСОВА»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ Д.В.СКОБЕЛЬЦЫНА

ОТДЕЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

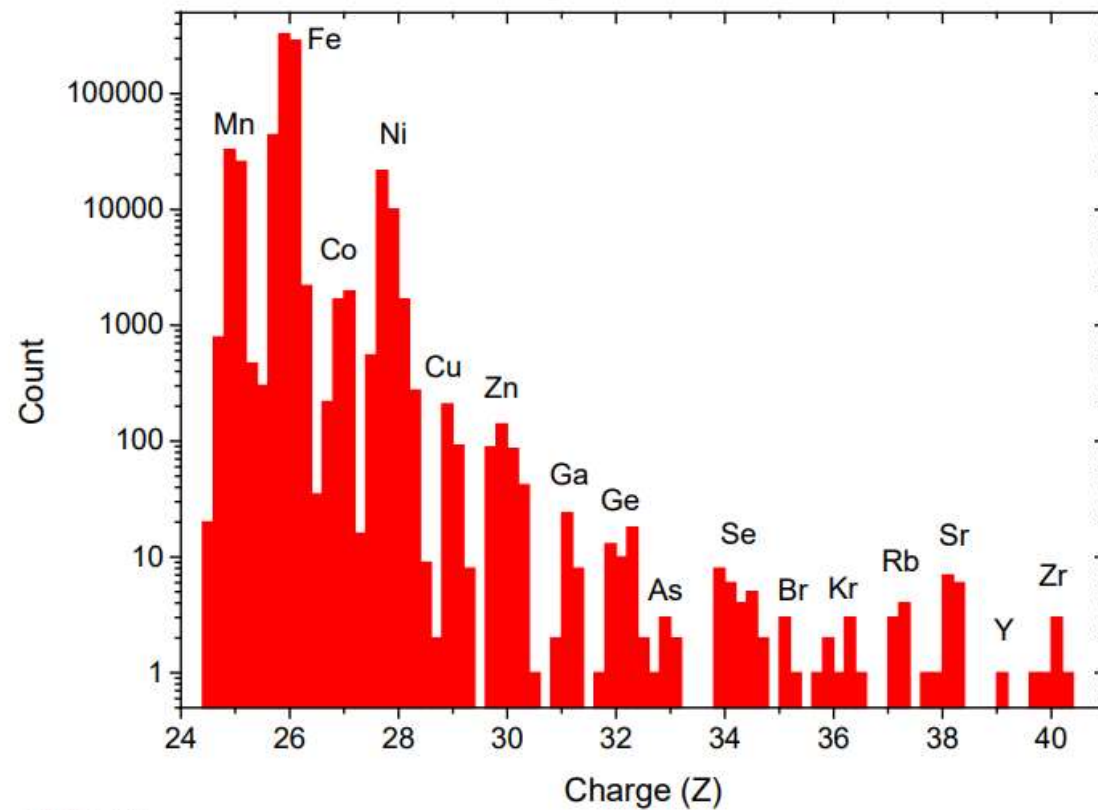
ЛАБОРАТОРИЯ ДЕТЕКТОРНЫХ СИСТЕМ И ЭЛЕКТРОНИКИ

**«МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАСС ИЗОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР ПРИ ИХ  
РЕГИСТРАЦИИ В МНОГОСЛОЙНОМ КРЕМНИЕВОМ КАЛОРИМЕТРЕ  
ПОЛНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ.»**

Докладчик: Аспирант 1-го года обучения кафедры физики атомного ядра и квантовой  
теории столкновений физического факультета МГУ

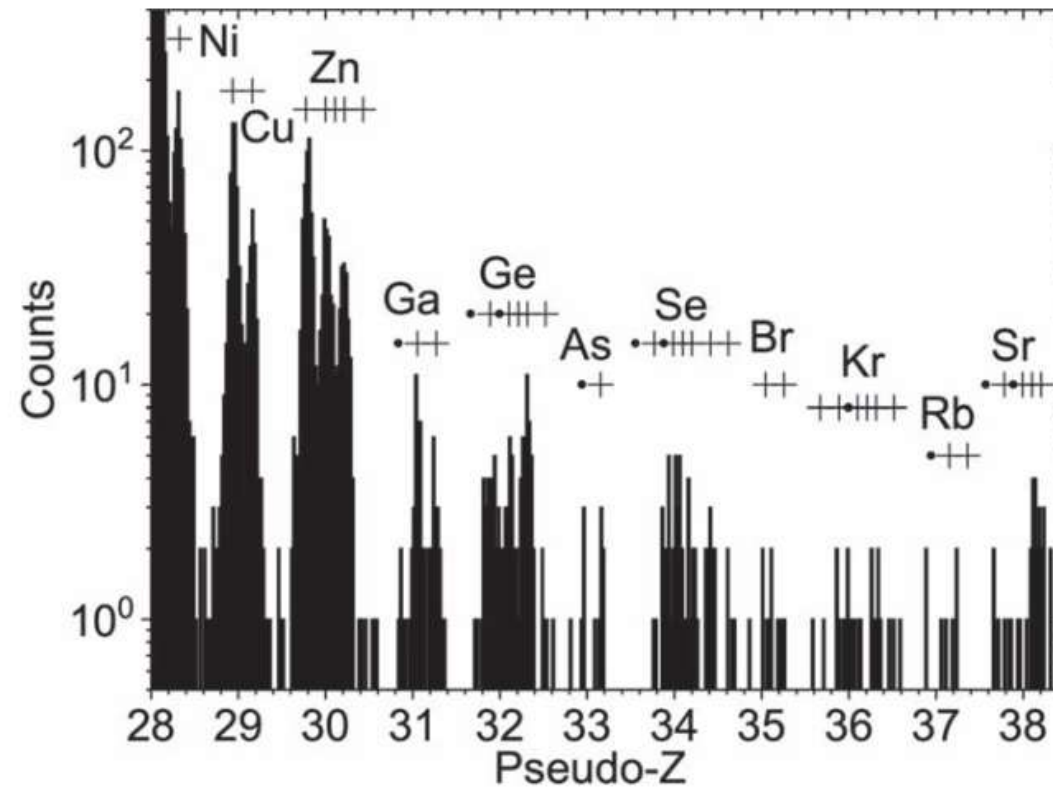
Горбунов Арсений Викторович

## Экспериментальные данные CRIS



Зарядовая гистограмма элементов, полученная в эксперименте CRIS

## Экспериментальные данные CRIS



Гистограмма распределения изотопов за железом, полученная в эксперименте CRIS

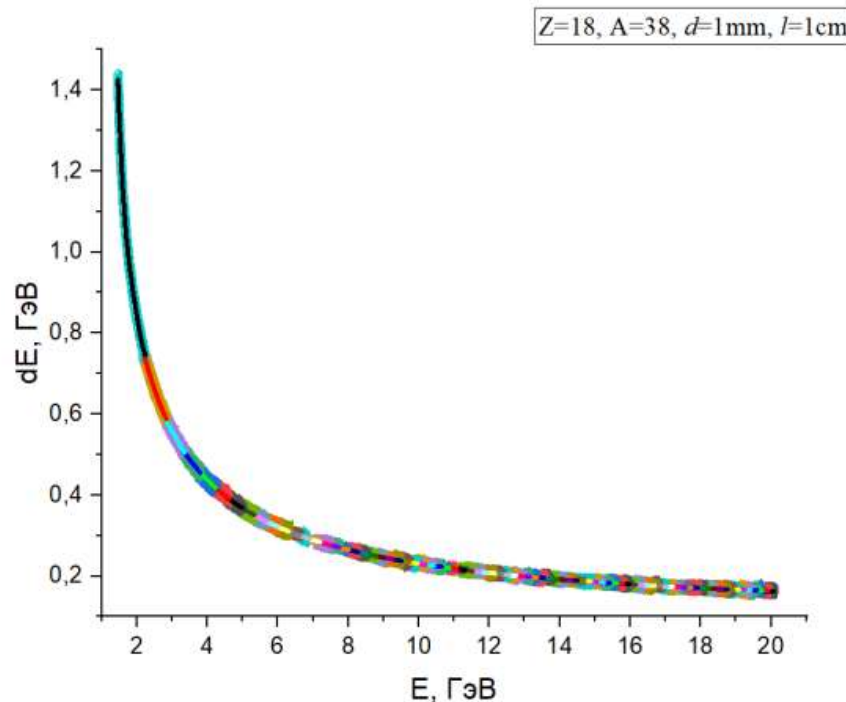
## Основные цели моделирования

- ✓ Моделируемая схема детекторной установки представляет собой набор из 100 кремниевых полупроводниковых детекторов одинаковой толщины  $d$ , центры которых расположены на одинаковом расстоянии  $l$  друг от друга.
- ✓ Подбор характеристик детекторной аппаратуры, дающий наилучшую точность определения массы.
- ✓ Изменяемые характеристики установки:
  - толщина одного детектора  $d$
  - расстояние между центрами детекторов  $l$
- ✓ Определение максимального заряда  $Z$ , при котором все еще возможно разделение соседних изотопов.
- ✓ Рассматриваемые заряды:  $Z=18, 22, 25, 35, 45, 50, 54$ .
- ✓ Рассматриваемые толщины  $d$ : 0.2 мм, 0.5 мм, 1 мм, 1.5 мм, 2 мм, 3мм.
- ✓ Рассматриваемые расстояния между центрами детекторов  $l$ : 0.3 см, 1 см.
- ✓ Выходные данные моделирования – набор энергий dЕ, которые частица потеряла в слоях аппаратуры.

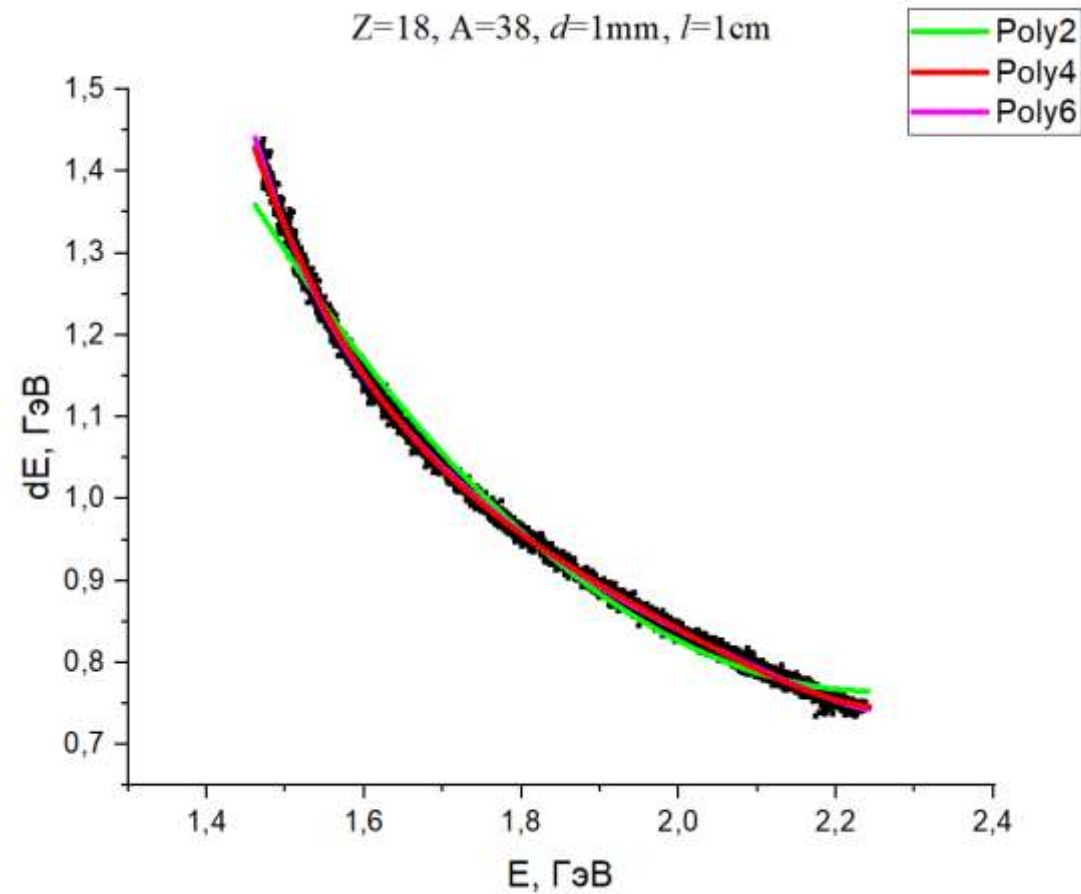
# Метод обработки

При обработке используется 80 слоев от слоя остановки частицы.

1. Определение слоя остановки частицы.
2. Нахождение энергии частицы  $E$  на входе в каждый слой.
3. Построение и аппроксимация полиномами калибровочной  $dE(E)$ -кривой для выбранного изотопа.
4. Расчет отклонений  $\Delta_i$  от  $dE(E)$ -кривой в каждом слое.
5. Построение и анализ гистограммы суммарных отклонений от калибровочной  $dE(E)$ -кривой  $\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{80} \Delta_i$  ( $i=0$  – номер слоя остановки частицы, в расчетах отклонений не используется).

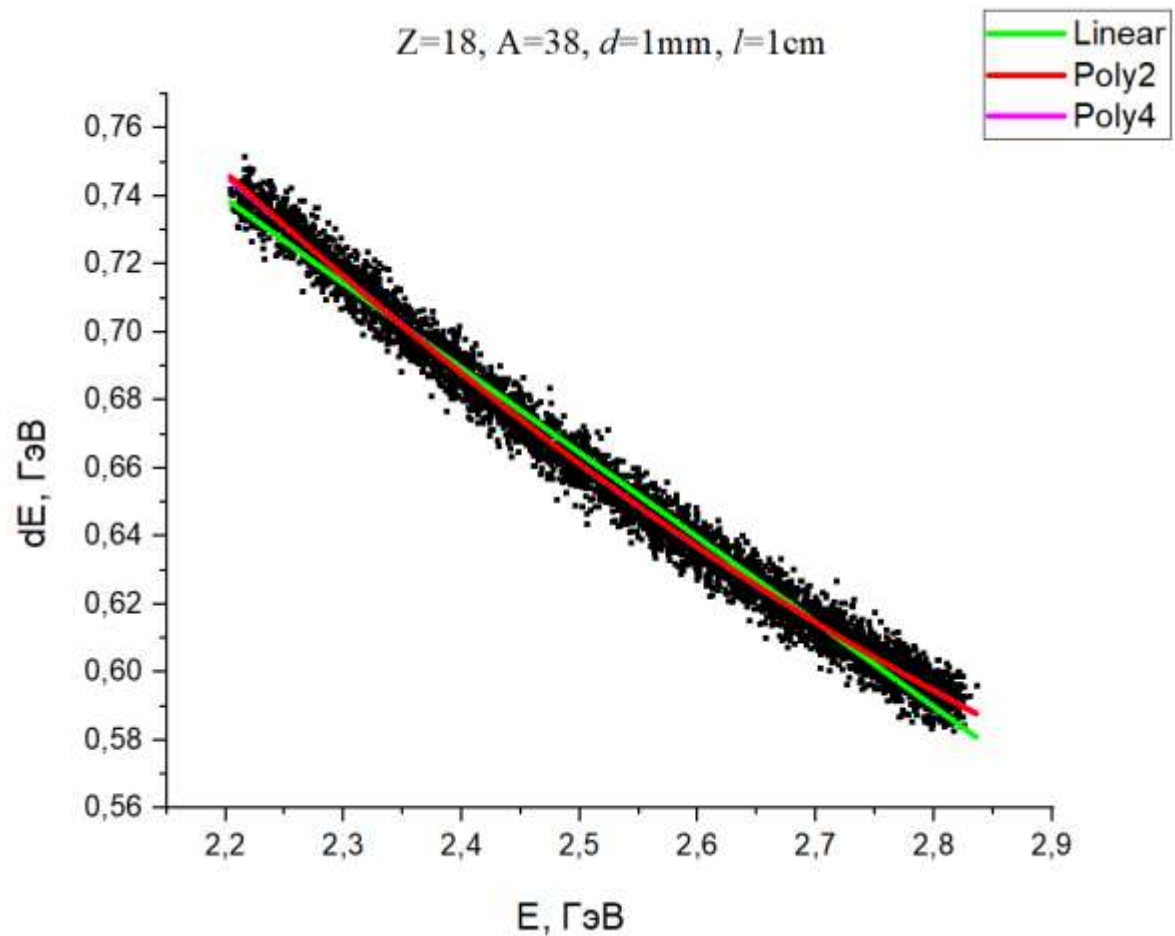


## Построение и аппроксимация полиномами калибровочной $dE(E)$ -кривой для выбранного изотопа



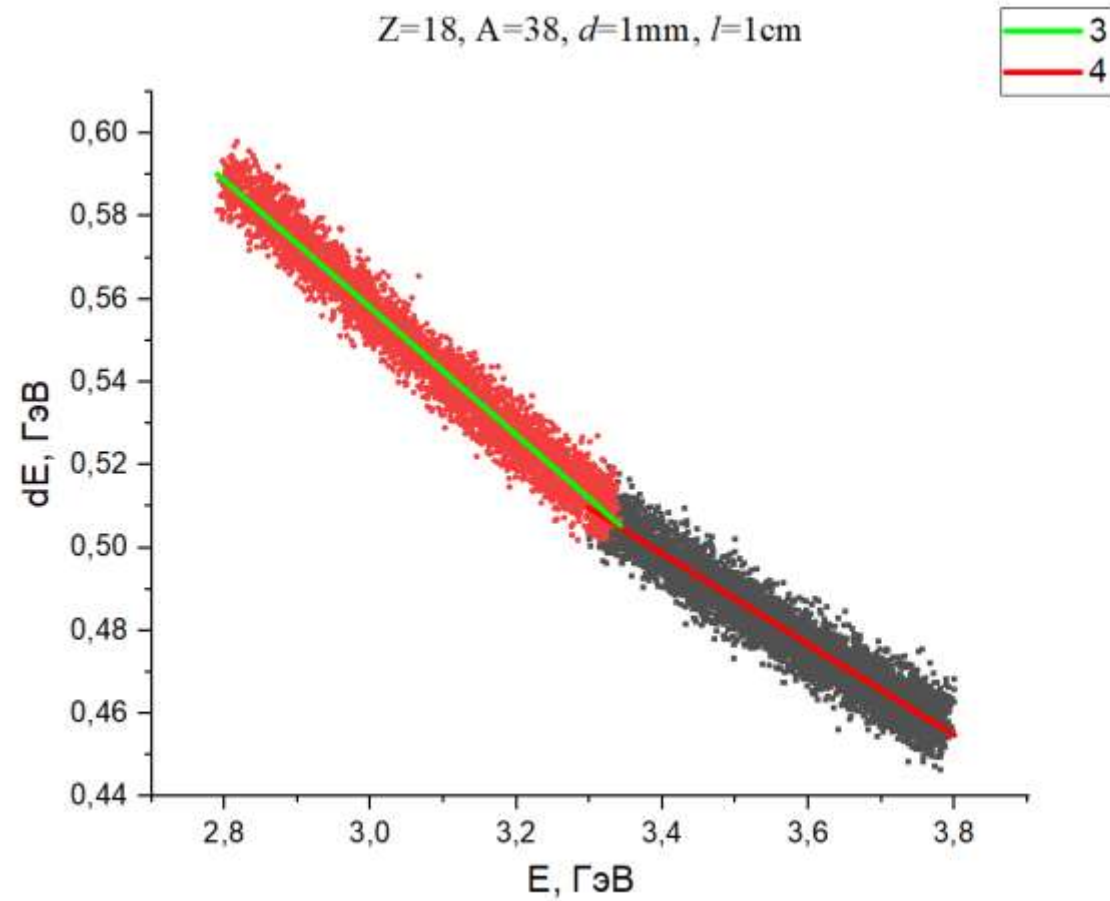
Выбор степени полинома в 1-м слое от слоя остановки частицы

## Построение и аппроксимация полиномами калибровочной $dE(E)$ -кривой для выбранного изотопа



Выбор степени полинома во 2-м слое от слоя остановки частицы

## Построение и аппроксимация полиномами калибровочной $dE(E)$ -кривой для выбранного изотопа

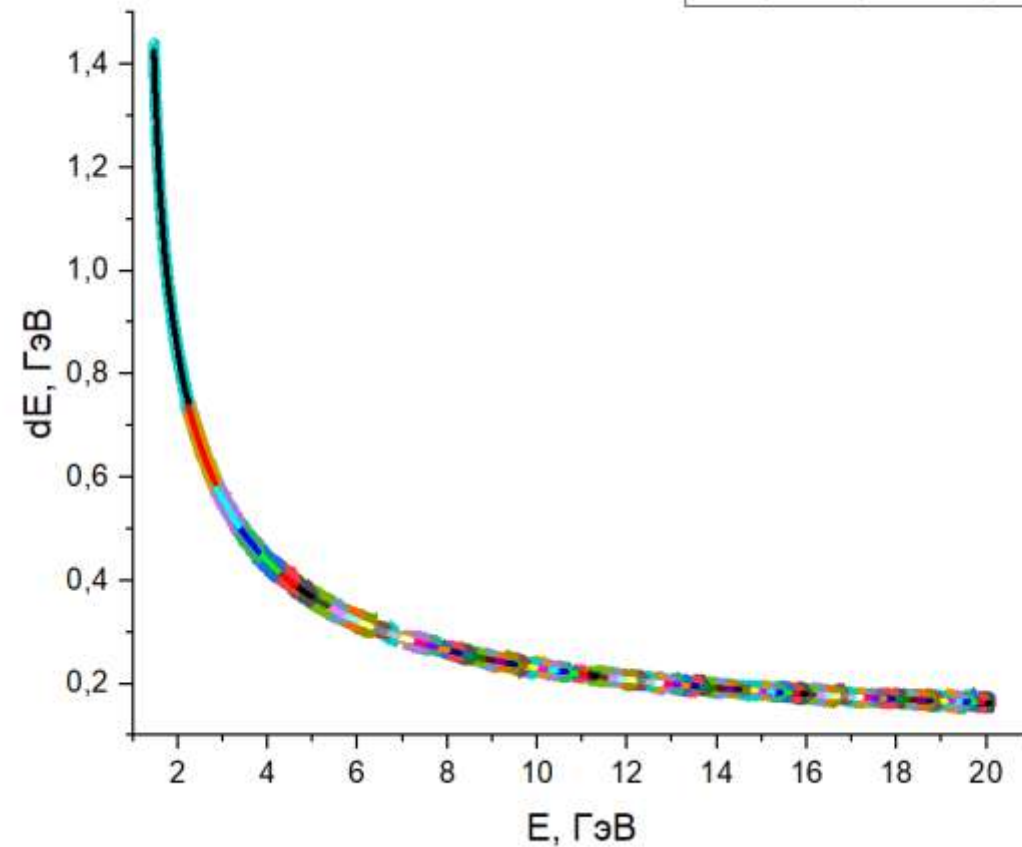


Выбор степени полинома в 3-м и 4-м слое от слоя остановки частицы



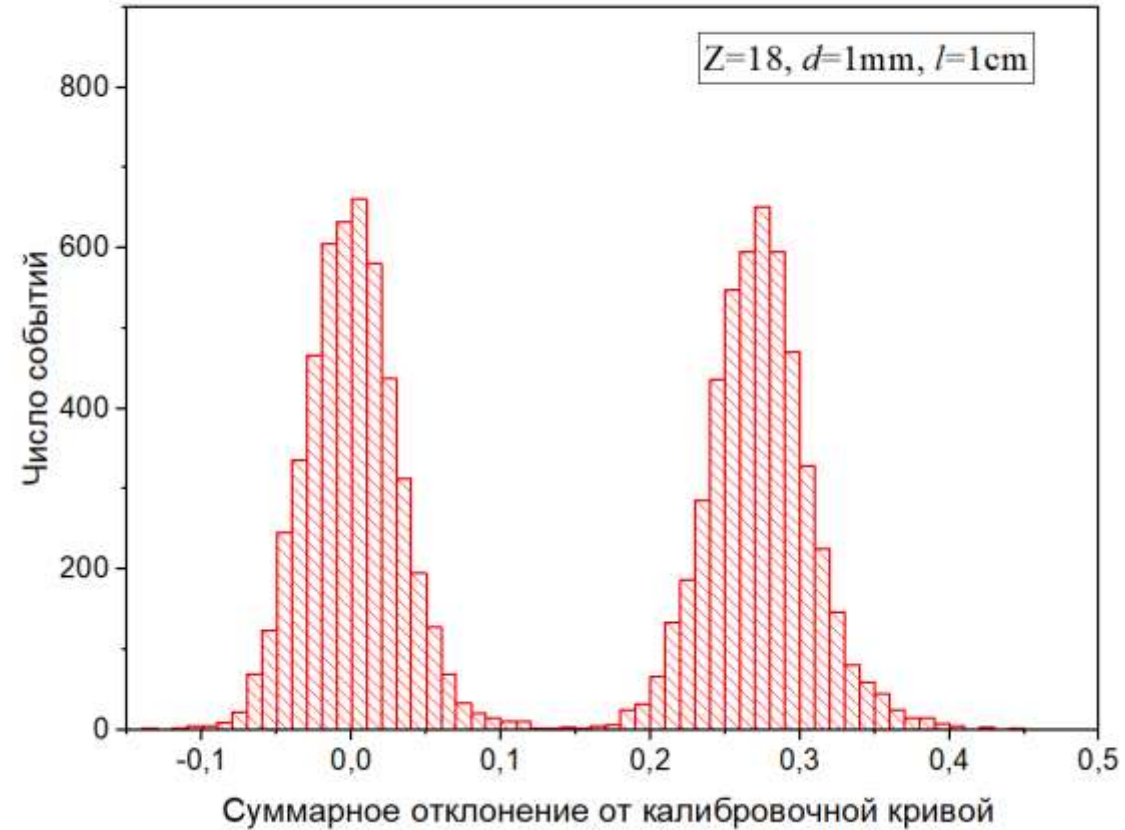
## Окончательный вид аппроксимационной $dE(E)$ -кривой

$Z=18, A=38, d=1\text{mm}, l=1\text{cm}$

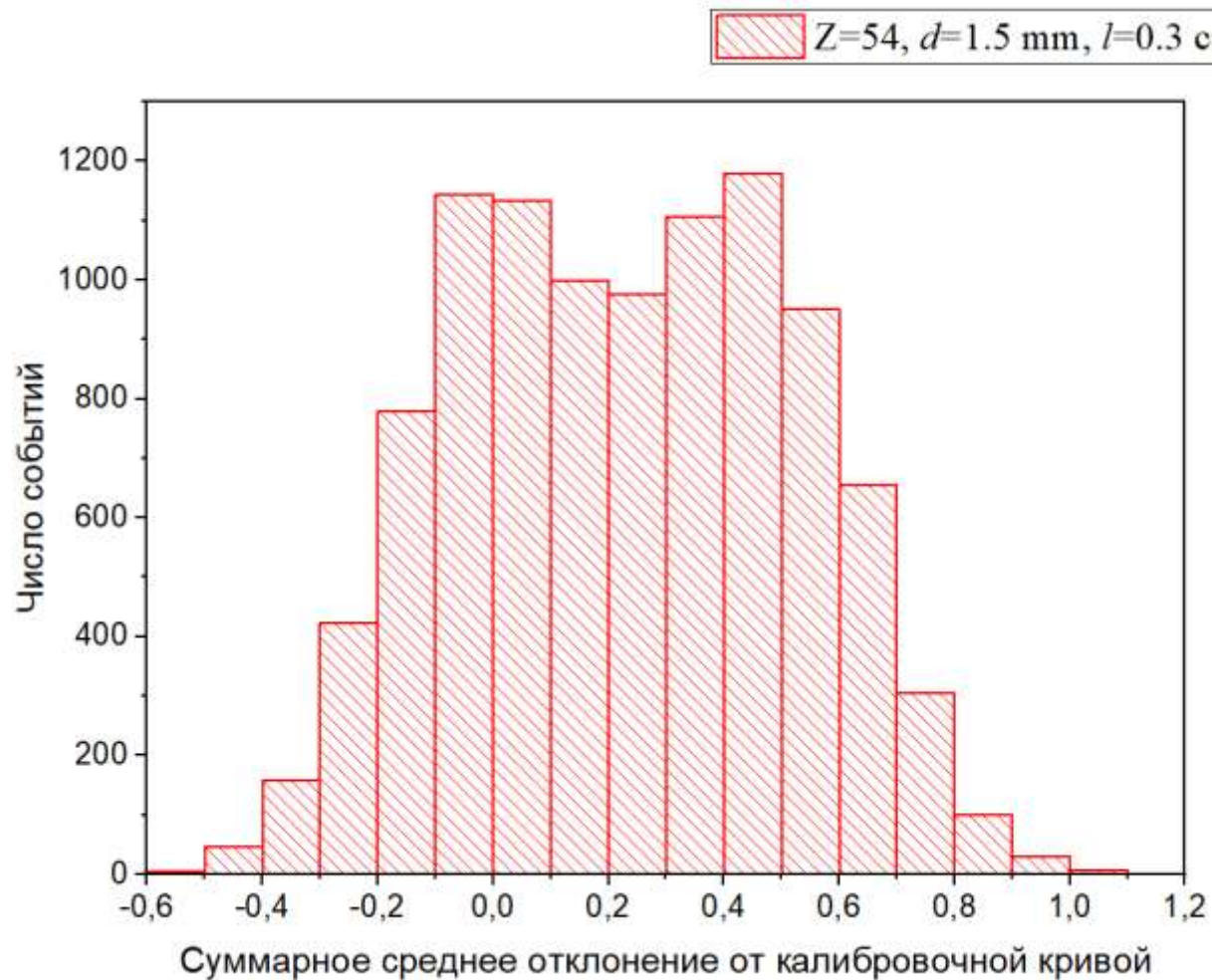


Аппроксимация полиномом 4-ой степени 1-го слоя от слоя остановки и полиномом 2-ой степени 2-го слоя от слоя остановки. Остальные слои аппроксимированы линейными функциями.

**Построение и анализ гистограммы суммарных отклонений от калибровочной  $dE(E)$ -кривой  $\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{80} \Delta_i$  для соседних изотопов аргона ( $A1=38, A2=39$ )**

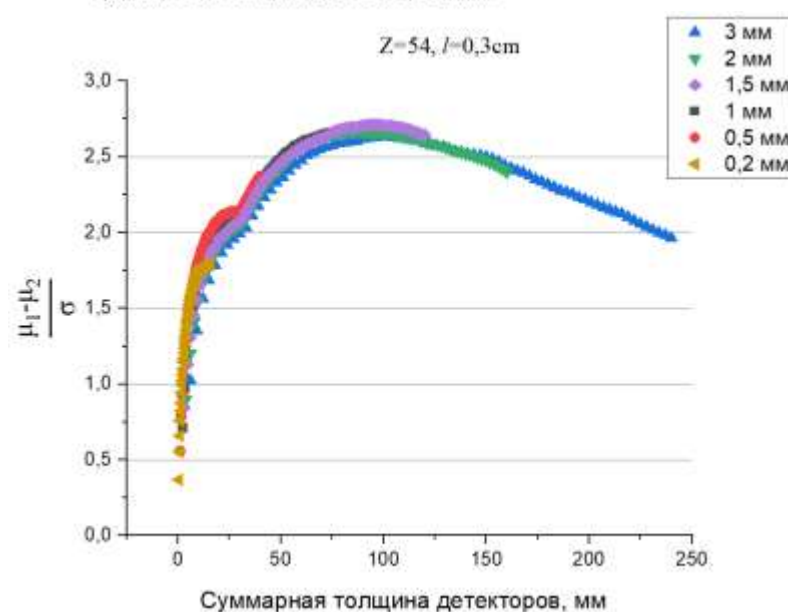
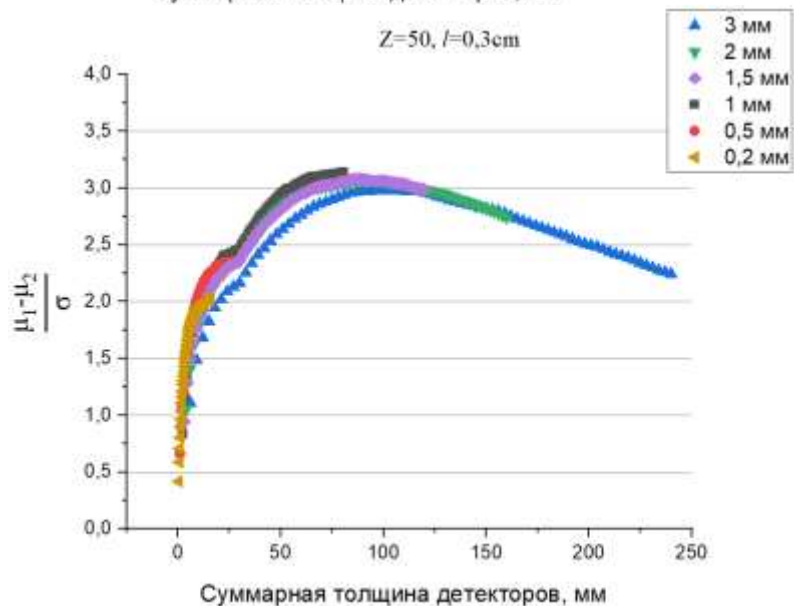
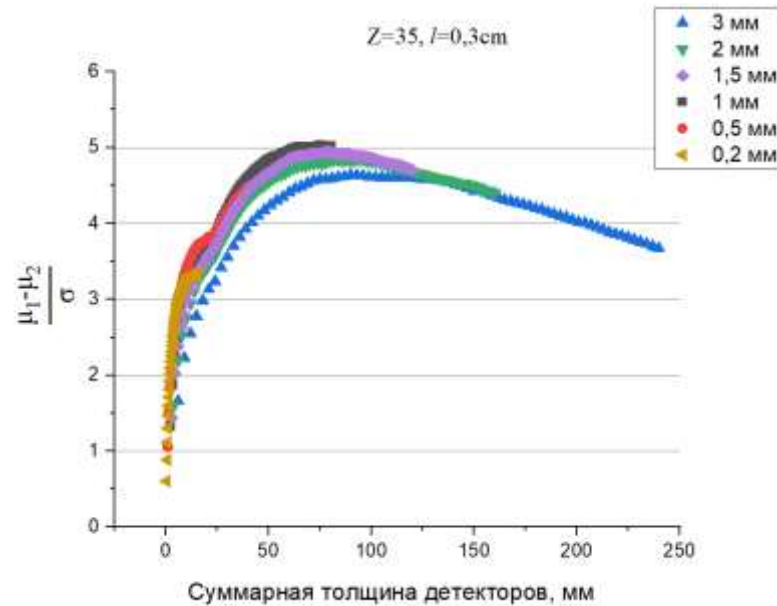
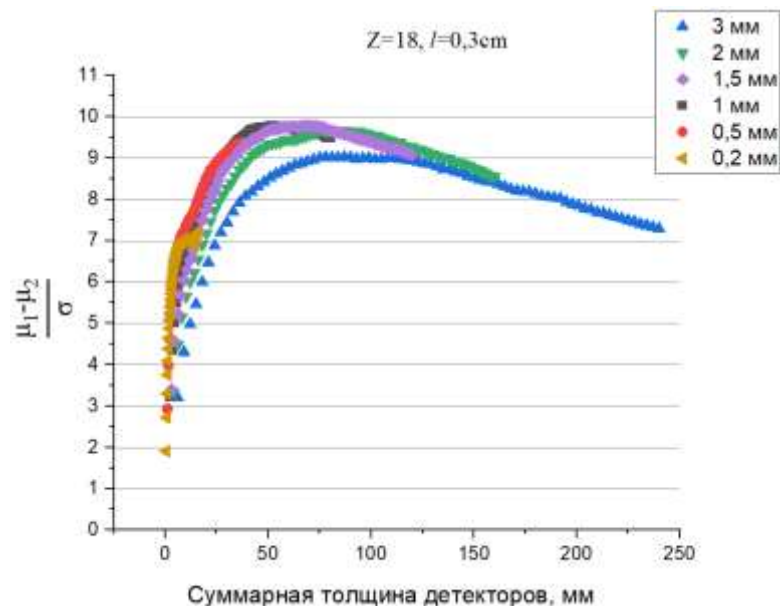


**Построение и анализ гистограммы суммарных отклонений от калибровочной  $dE(E)$ -кривой  $\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{80} \Delta_i$  для соседних изотопов ксенона ( $A1=127, A2=128$ )**



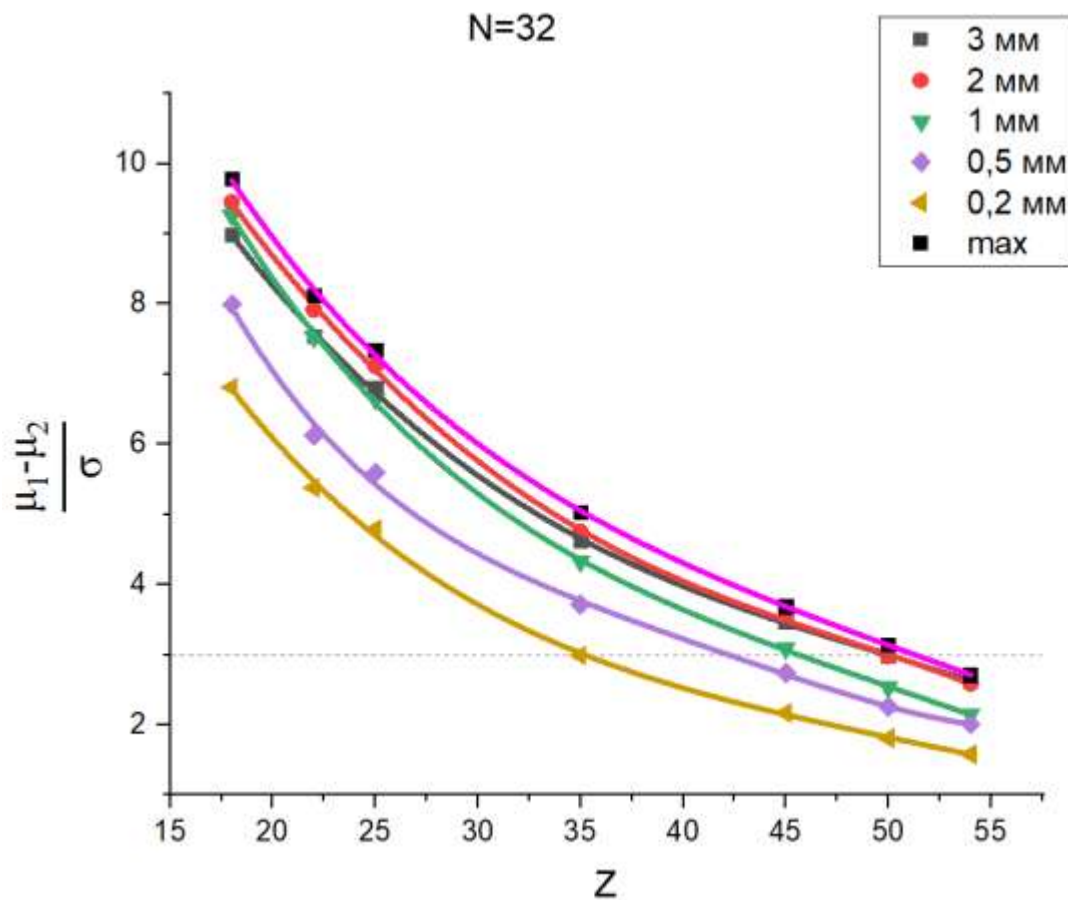
# Расчет параметра разделимости изотопов $\frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sigma}$ из модельных данных для расстояния между центрами детекторов $l=0,3$ см для различных толщин детекторов

Критерий визуальной разделимости изотопов -  $\frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sigma} > 3$



## Расчет параметра разделимости для N=32 слоев, как в прототипе НУКЛОН-2

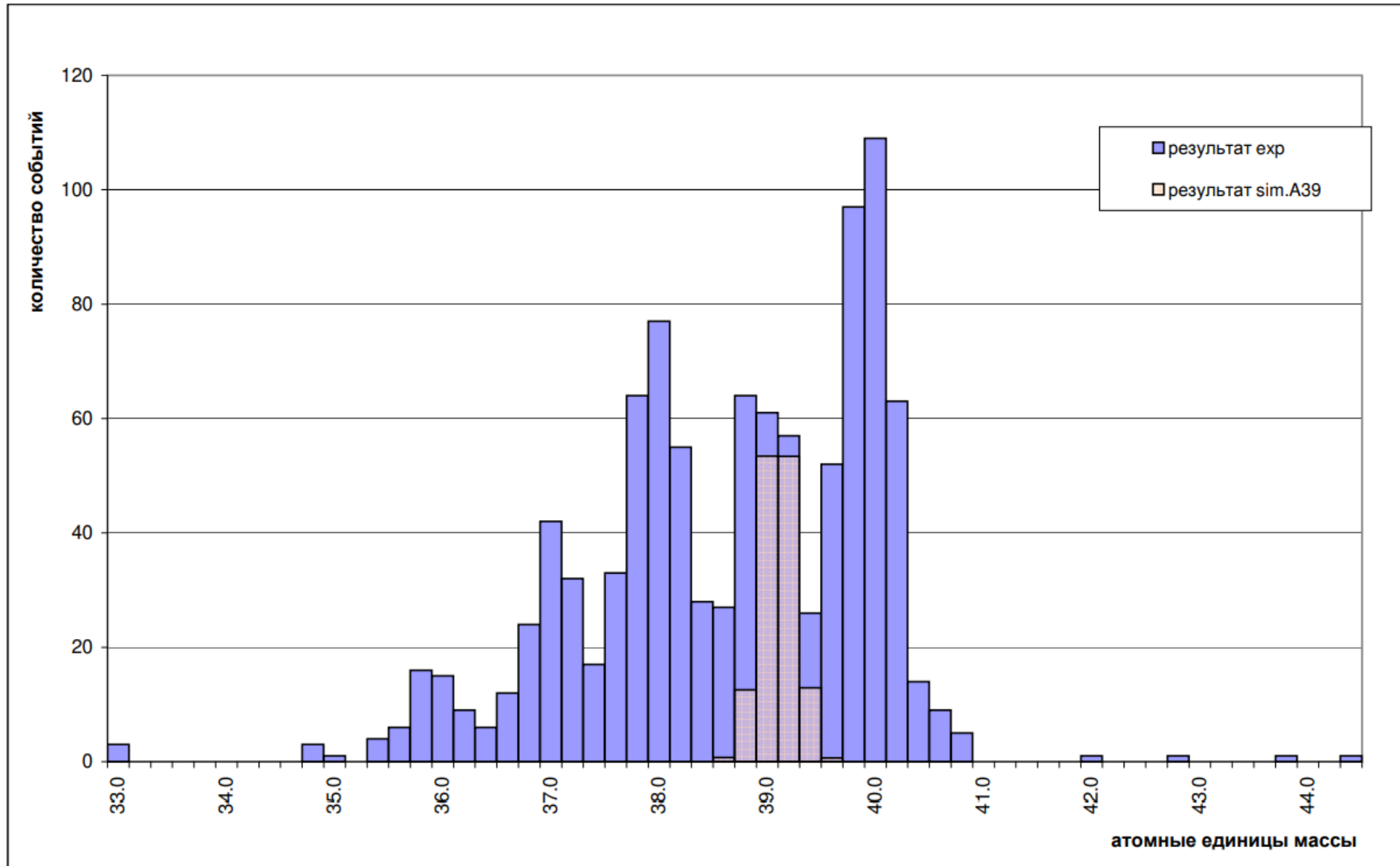
Расчет параметра разделимости изотопов  $\frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sigma}$  из модельных данных для расстояния между центрами детекторов  $l=0,3$  см для количества слоев  $N=32$ , как в предлагаемом прототипе калориметрической системы в НУКЛОН-2 для различных толщин детекторов



Наилучшее значение параметра разделимости изотопов  $\frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sigma}$  для различных зарядов.

Z	$\frac{(\mu_1 - \mu_2)}{\sigma}_{max}$	$N_{max}$	$d_{max}, \text{мм}$
54	2,71	65	1,5
50	3,14	80	1
45	3,69	80	1
35	5,03	75	1
25	7,35	57	1
22	8,12	60	1
18	9,79	52	1

# Экспериментальные результаты для изотопов аргона, полученные с использованием прототипа калориметра НУКЛОН-2



# Результаты

- Согласно результатам моделирования возможно разделение изотопов до  $Z \approx 50$
- Массовое разрешение, полученное для значений толщин порядка нескольких миллиметров (1 мм, 1.5 мм, 2 мм) оказалось близко к оптимальному для всех рассмотренных величин  $Z$ .
- В случае рассмотрения  $N=32$  слоев, наилучшие разрешения получаются при толщинах детекторов порядка нескольких миллиметров, при выборе значений меньше 1 мм точность ухудшается.
- Предложенная методика была успешно опробована при обработке экспериментальных данных аргона