

XIV Международное Совещание  
«Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии»

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ  
ГАММА-СПЕКТРОМЕТРОВ**



Коротков Алексей Сергеевич  
начальник лаборатории  
научно-методического обеспечения радиационных измерений  
**ФГУП «ВНИИФТРИ»**

## Задачи дозиметрического контроля на местности

- Оконтуривание аномальных (радиационно-загрязненных) участков;
- Обнаружение локальных источников излучений на территории;
- Обнаружение внешних источников радиоактивного загрязнения, например, прохождения облака радиоактивного выброса (для средств АСКРО)

**Все дозиметрические измерения выполняются «на фоне»  
естественного (неустраняемого) излучения**

Фоновая МЭД гамма-излучения

**0,05 – 0,15 мкЗв/ч**

## Актуальность использования спектрометра

- повышение чувствительности за счет разделения МЭД от природных и техногенных (контролируемых) источников гамма-излучения по энергиям;
- снижение неопределенности измерений за счет исключения энергетической составляющей погрешности;
- создание универсального измерительного комплекса (МЭД, энергетическое распределение, активность)

## Недостатки ранее предложенных подходов

- эмпирический подход с определением переходных коэффициентов скорость счета - МЭД;
- эталон МЭД позволит воспроизвести спектр одного радионуклида ( $^{137}\text{Cs}$  или  $^{60}\text{Co}$ ), поэтому градуировка по МЭД для определения переходных коэффициентов во всех интервалах энергии не представляется возможной;
- невозможность аттестации методики измерений.

## Предлагаемый метод

Скорости счёта (число импульсов) в интервалах энергий ( $E_i; E_{i+1}$ ) измеренного аппаратурного спектра гамма-излучения

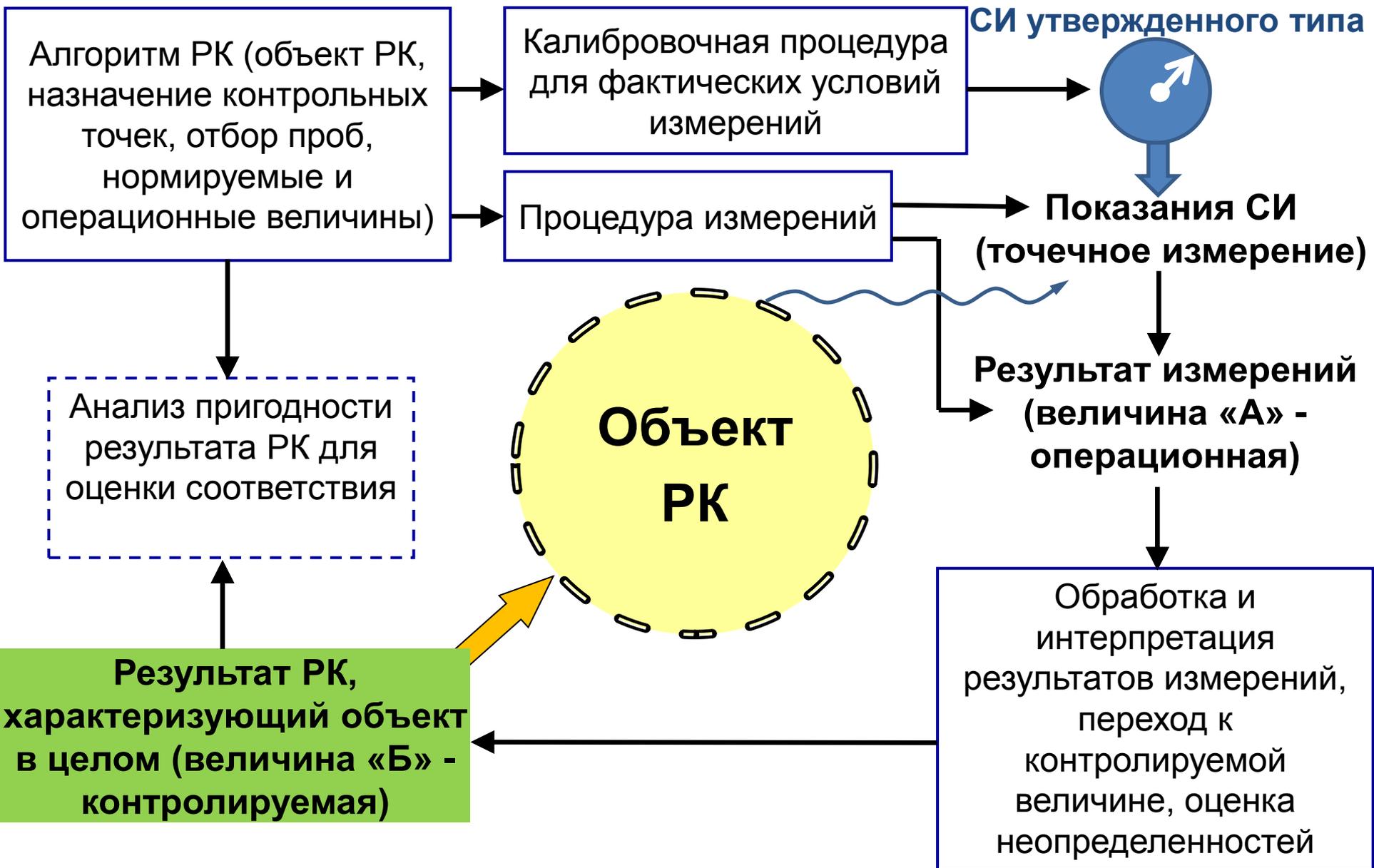
Необходима градуировка

Флюенс (или плотность потока) гамма-квантов в интервалах энергий ( $E_i; E_{i+1}$ )

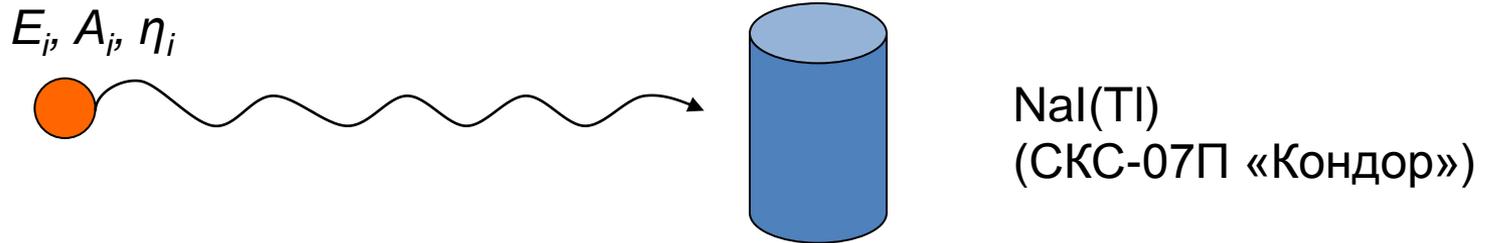
Доза на единичный флюенс – справочные значения

Расчет искомой дозиметрической величины по физической модели

# Типовая схема МРК



## Градуировка



Эффективность регистрации  $\varepsilon_i$  гамма-квантов с энергией  $E_i$

$$\varepsilon_i = \frac{N_i \cdot 4\pi r^2}{A \cdot \eta_i \cdot S_{дет}}$$

$\varepsilon_i$  - эффективность регистрации гамма-квантов с энергией  $E_i$ ;

- надфоновая (за вычетом фонового спектра) скорость счета в  $i$ -ом энергетическом пике (соответствующем энергии  $E_i$ ), 1/с;

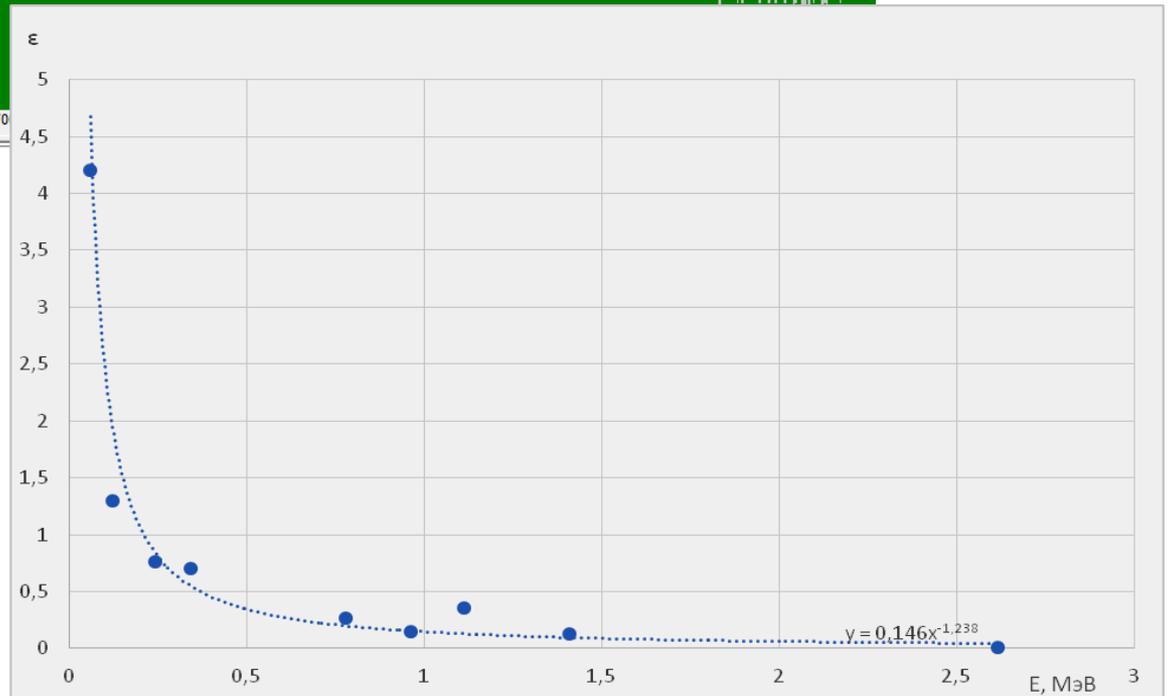
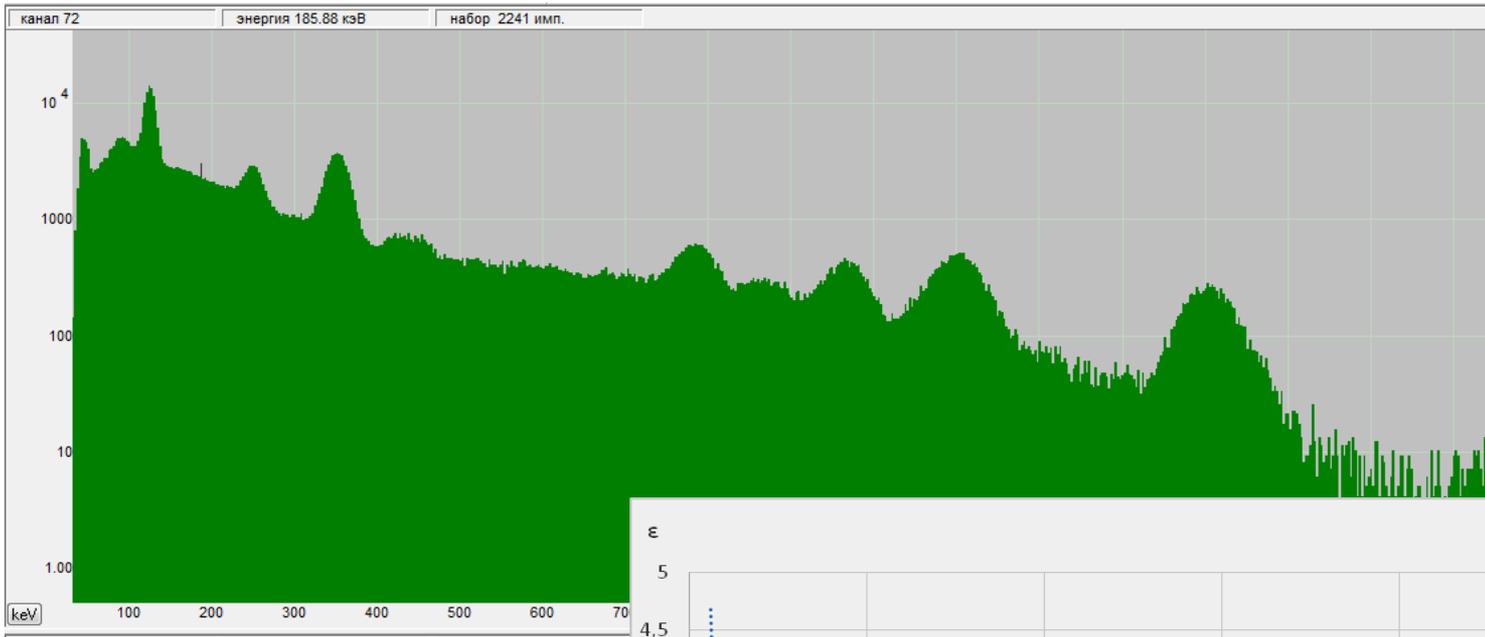
$r$  - расстояние от источника до детектора, м;

$A$  – активность источника, Бк;

$\eta_i$  - квантовый выход на распад для линии источника, соответствующей энергии  $E_i$ ;

$S_{дет}$  - эффективная площадь детектора (площадь сечения детектора, перпендикулярного направлению излучения), м<sup>2</sup>.

# Градуировка

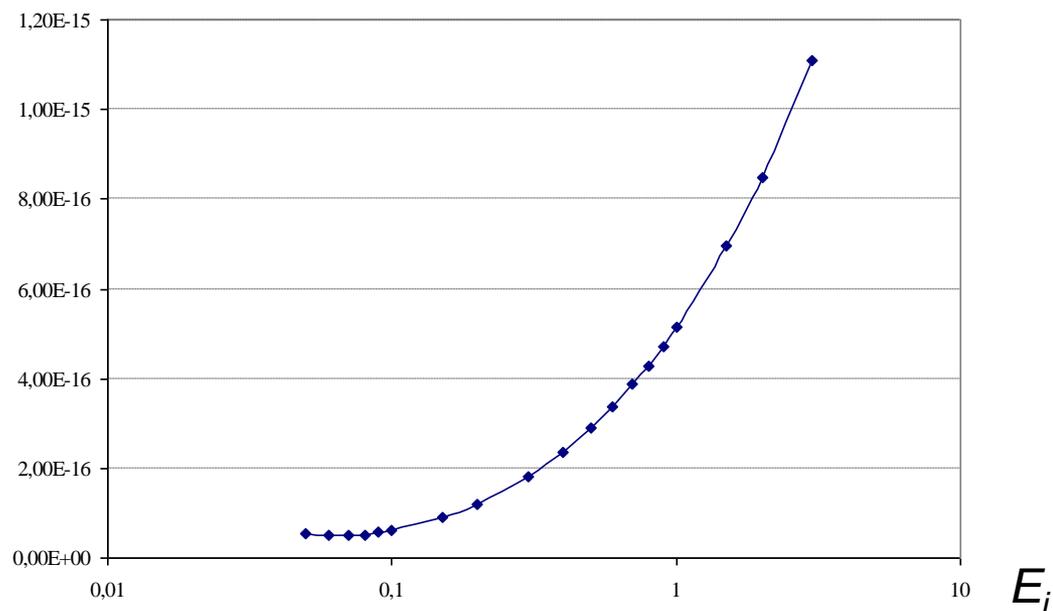


## Расчет МЭД в КТ

$$\dot{D} = \sum_{i=1}^m \frac{N_i \cdot \delta_i}{S_{\text{дем}} \cdot \varepsilon_i} \cdot 3600$$

$\delta_i$  - доза на единичный флюенс при энергии гамма-квантов  $E_i$  (или в интервале от  $E_{i-1}$  до  $E_i$ ), Зв·м<sup>2</sup>;

3600 – коэффициент перехода от Зв/с к Зв/ч.



Зависимость  $\delta_i$  от энергии

# Оценка неопределенности

Расширенная неопределенность измерений МЭД

$$U_D = 2 \sqrt{u_S^2 + u_\varepsilon^2 + u_\delta^2 + \frac{1}{3} (\Delta_{осн}^2 + \Delta_{угл}^2)}$$

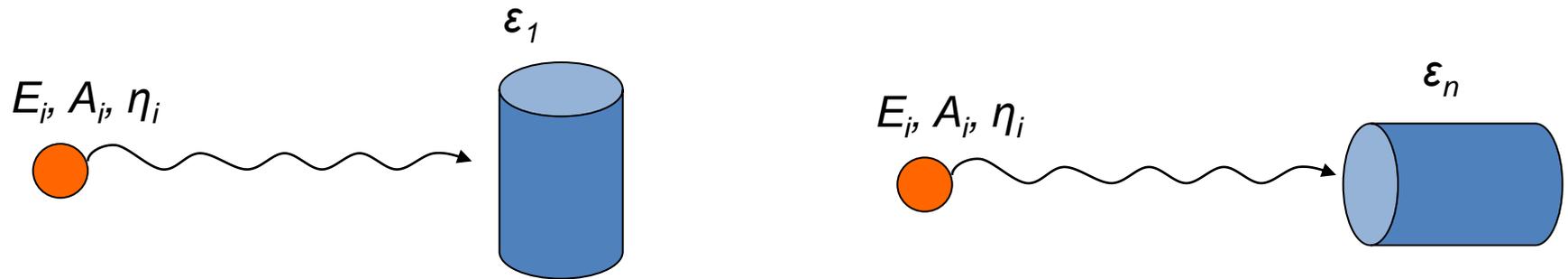
Стандартная неопределенность измерений скорости счета в интервалах энергий

$$u_S = \frac{1}{\dot{D}} \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\sqrt{n_i} \cdot \delta_i}{S_{дем} \cdot \varepsilon_i \cdot t} \cdot 3600 \right)^2}$$

Стандартная неопределенность измерений эффективности в i-ом интервале

$$u_{\varepsilon_i} = \sqrt{\frac{1}{N_i \cdot t} + \frac{1}{3} \Delta_{Ai}^2}$$

## Учет угловой зависимости чувствительности

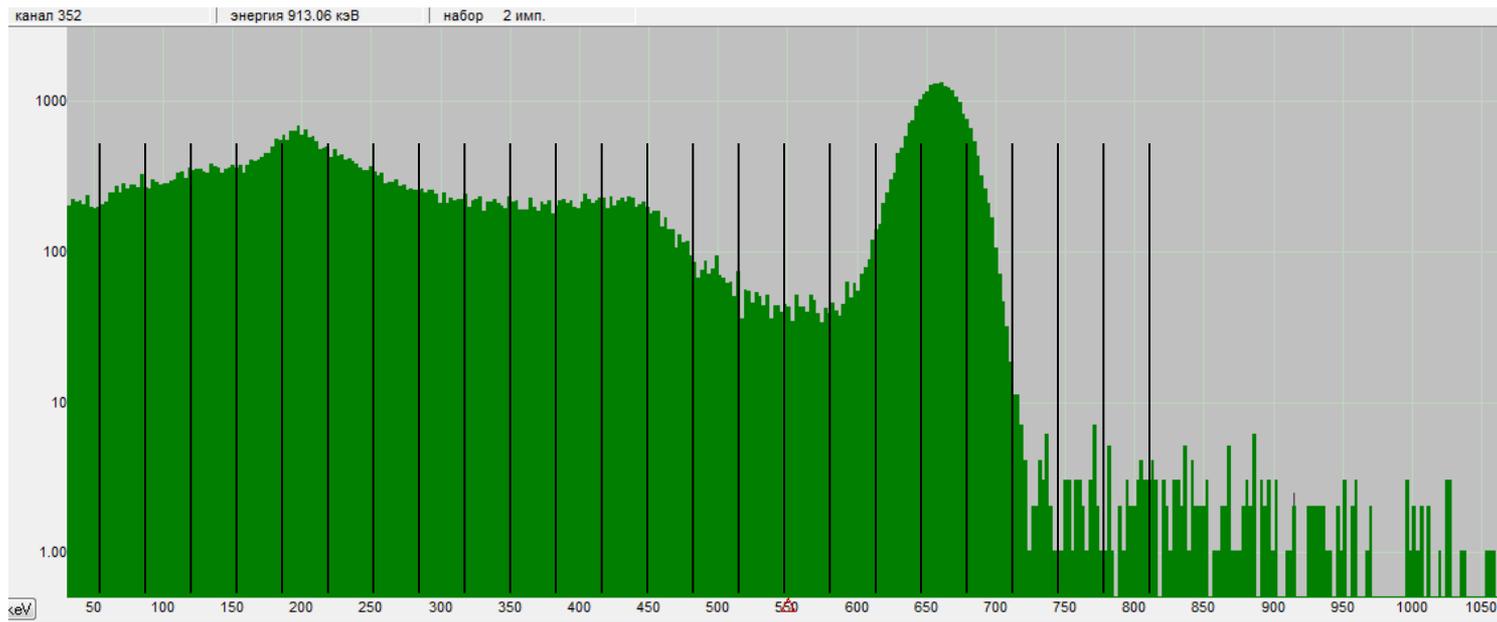


$$\Delta_{\text{угл}} = \frac{\epsilon_{\text{max}} - \epsilon_{\text{min}}}{\epsilon_{\text{max}}}$$

$\epsilon_{\text{max}}$  – максимальное значение эффективности регистрации;

$\epsilon_{\text{min}}$  – минимальное значение эффективности регистрации.

# Результаты измерений



$\dot{D}$ , МКЗВ/ч	$\dot{D}_{amm}$ , МКЗВ/ч	$\Delta$ , %	$U_D$ , %
1,2	1,0	20	30
12	10	20	22
51	50	2	19
107	100	7	18

$$|\dot{D}_{amm} - \dot{D}| \leq \sqrt{\Delta_{amm}^2 + U_D^2}$$

## Заключение

- Использование в измерениях строгой физической модели (не эмпирической);
- + • Повышение чувствительности измерений МЭД от техногенных ИИИ;
- Снижение неопределенности измерений за счет исключения энергетической составляющей погрешности
  
- Введение дополнительных погрешностей (справочные данные и градуировка по плотности потока)
- • Верхний предел измерений МЭД ограничен возможностями спектрометра



**ФГУП «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»**



- ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
- ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
- ГОЛОВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РОССТАНДАРТА ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ РОСАТОМА
- ГЛАВНЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ВРЕМЕНИ, ЧАСТОТЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ (ГСВЧ)



**Спасибо за внимание!**