

Учет поправок на истинное суммирование гамма-квантов

Даниленко В.Н. ООО «ЛСРМ», п. Менделеево, Россия



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

<http://www.lsrn.ru>
mail: lsrn@lsrn.ru
Phone: +7 495 660-16-14
Located in Moscow, Russia

Эффект «истинного» суммирования

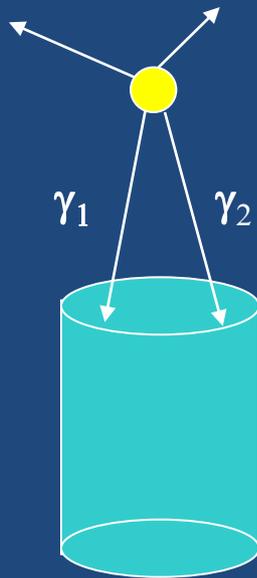
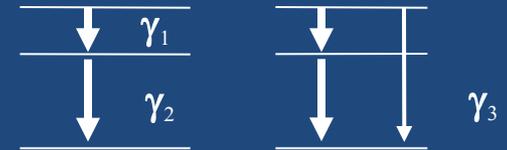
$$C = S_{\text{true}} / S_{\text{reg}}$$

C – корректирующий фактор
S – площади пика

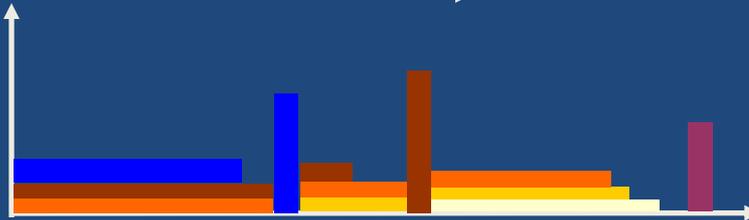
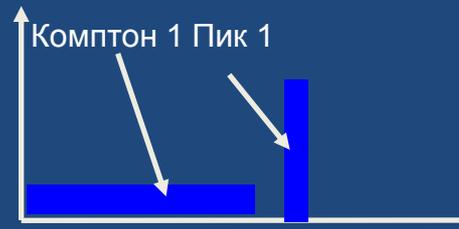
$$C_1 = 1 - \varepsilon_t(E_2)$$

$$C_2 = 1 - \varepsilon_t(E_1)$$

$$C_3 = \varepsilon_1 * I_1 * \varepsilon_2 * I_2 / \varepsilon_3 * I_3$$



$\varepsilon_t(E)$ – полная эффективность регистрации
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – эффективность регистрации по пику полного поглощения, соответствующему переходам $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$,
C1, C2, C3 – корректирующие множители



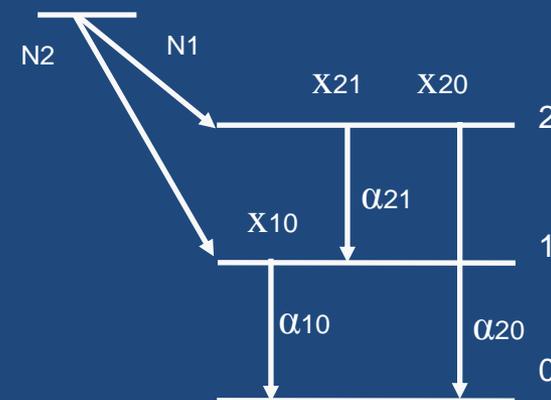
- Комптон 1+ Комптон 2
- Пик 1+ Комптон 2
- Пик 2+ Комптон 1
- Пик 1+ Пик 2

Эффект истинного суммирования

$$S_{10} = N_1 \frac{\varepsilon_{10}^p}{1 + \alpha_{10}} + N_2 x_{21} \frac{\varepsilon_{10}^p}{1 + \alpha_{10}} \left(1 - \frac{\varepsilon_{21}^t \bar{W}_{2110}}{1 + \alpha_{21}}\right)$$

$$S_{21} = N_2 \frac{\varepsilon_{21}^p}{1 + \alpha_{21}} x_{21} \left(1 - \frac{\varepsilon_{10}^t \bar{W}_{2110}}{1 + \alpha_{10}}\right)$$

$$S_{20} = N_2 \frac{\varepsilon_{20}^p}{1 + \alpha_{20}} x_{20} + x_{21} \frac{\varepsilon_{21}^p \varepsilon_{10}^p \bar{W}_{2110}}{(1 + \alpha_{21})(1 + \alpha_{10})}$$



N_1, N_2 - интенсивности заселения уровней 1 и 2,

α_{ij} - полный коэффициент внутренней конверсии для перехода с уровня i на уровень j ,

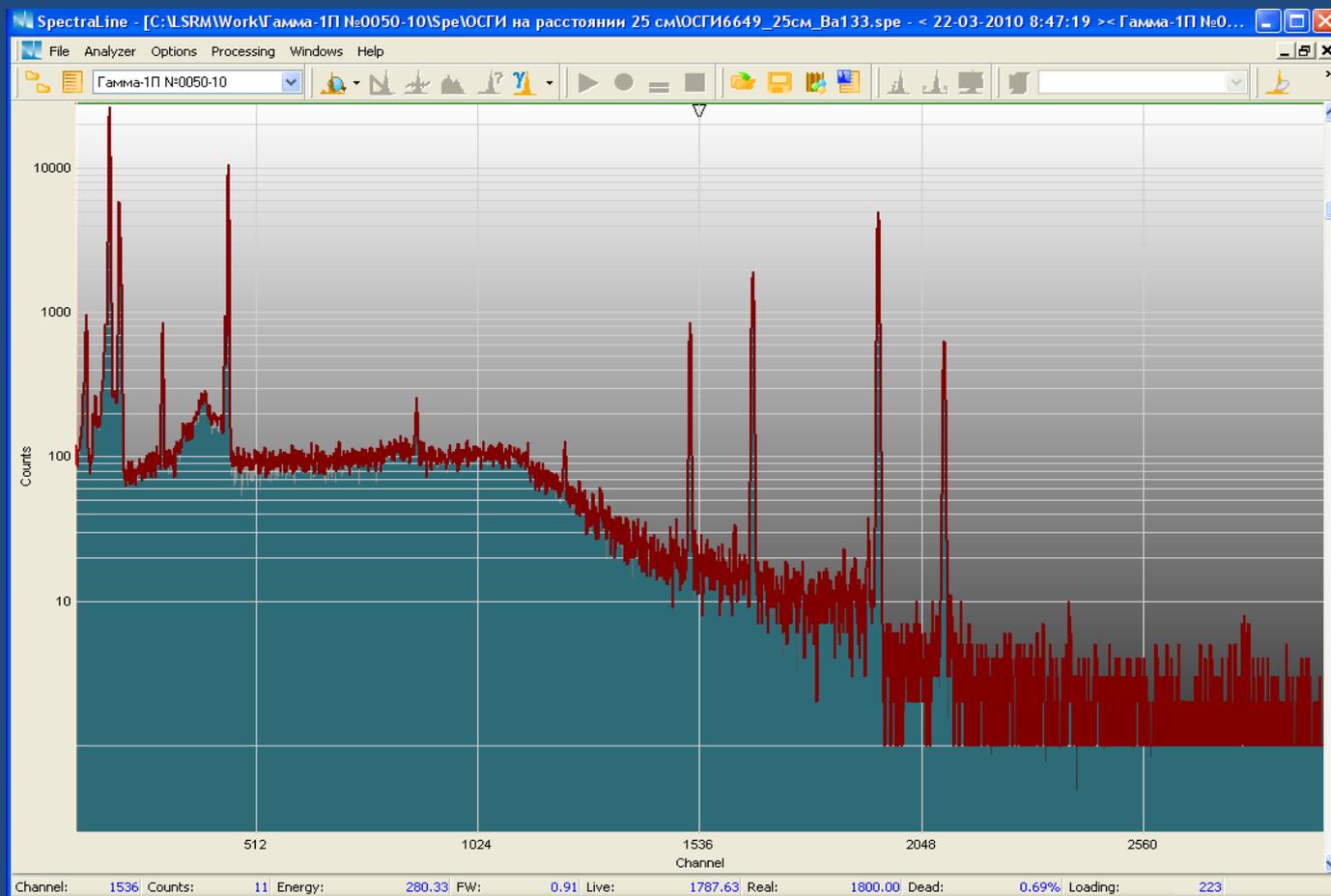
x_{ij} - доля переходов (γ - и конверсионных) с уровня i на уровень j ,

ε^t - эффективность регистрации по пику полного поглощения γ - кванта с энергией E_{ij} ,

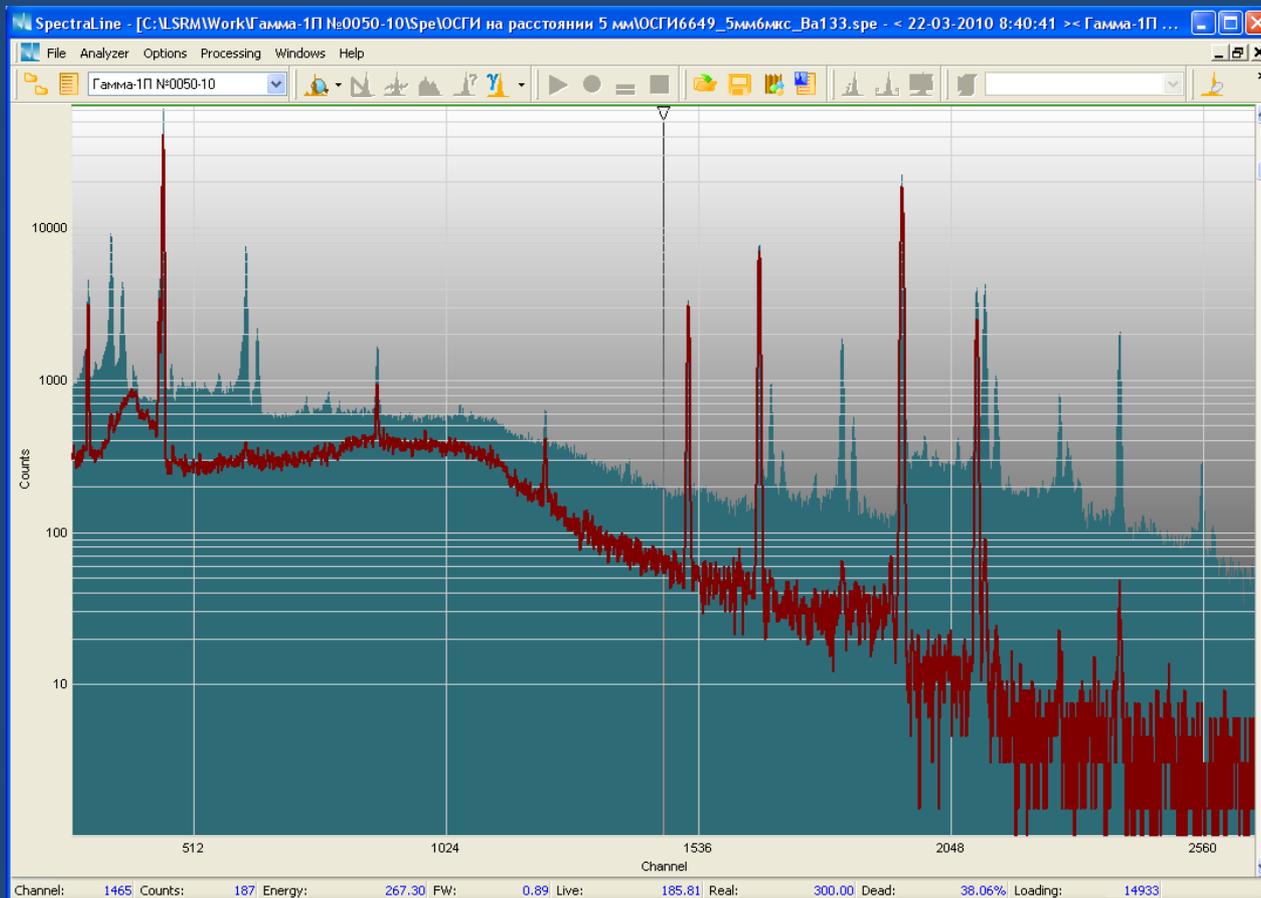
ε - полная эффективность регистрации,

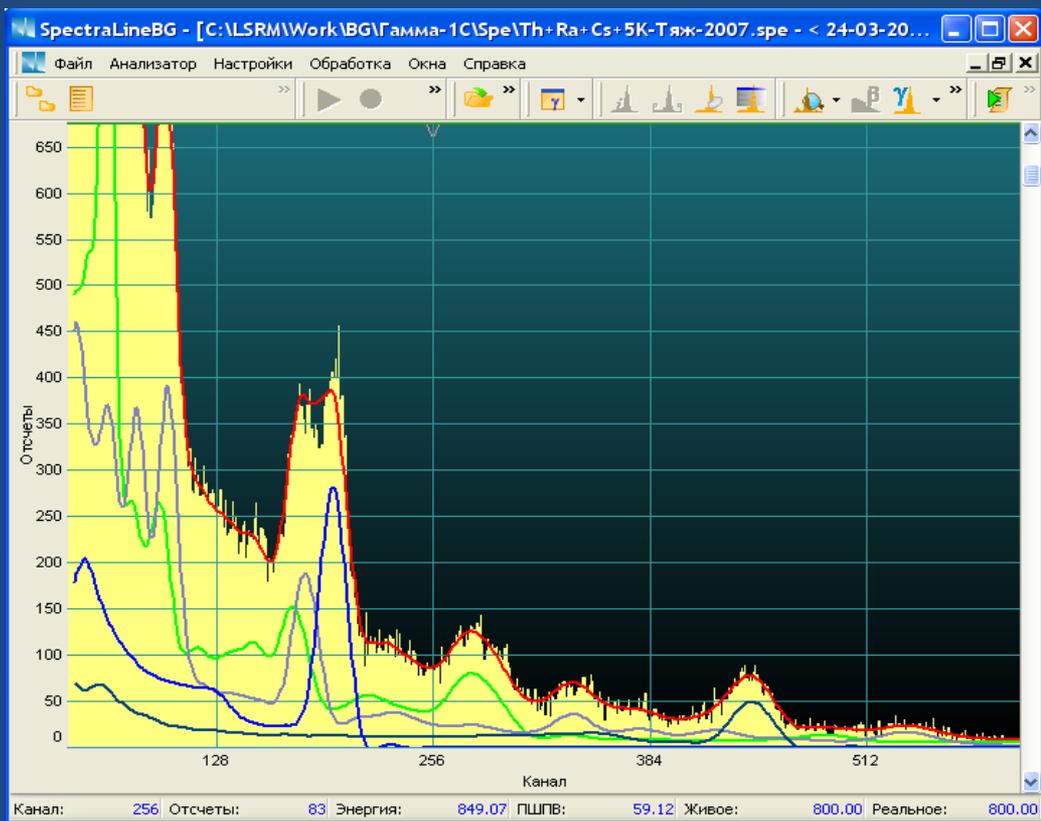
W - значение функции угловой корреляции каскадных γ - квантов с энергиями E_{ij} и E_{lm}

Сравнение спектров ОСГИ на расстоянии 15 и 25 см.



Сравнение спектров ОСГИ на расстоянии 25 см и 5мм ■





Гамма-1C

Нуклид/Энергия	Активность...	Погреш...
<input checked="" type="checkbox"/> K-40	1770	11
<input checked="" type="checkbox"/> Ra-226	450	8
<input checked="" type="checkbox"/> Cs-137	440	8
<input checked="" type="checkbox"/> Th-232	415	7

Хи квадрат: 1.2

Общие Параметры

Пересчитать на: 19 сентября 2007 г. 13:35:59 Восстановить

Ед. измерения: Бк Уд. активность: Нет

Спрятать невыбранные

Показывать нуклиды на спектре

Показывать сумму на спектре

Общий отчет Отчет

Расчёт

Расчет активности с использованием эффективности регистрации



Активность радионуклидов

Пересчитать активность на дату: 19 сентября 2007 г. 13:35:59

Единицы измерения: Бк Удельная активность: Нет

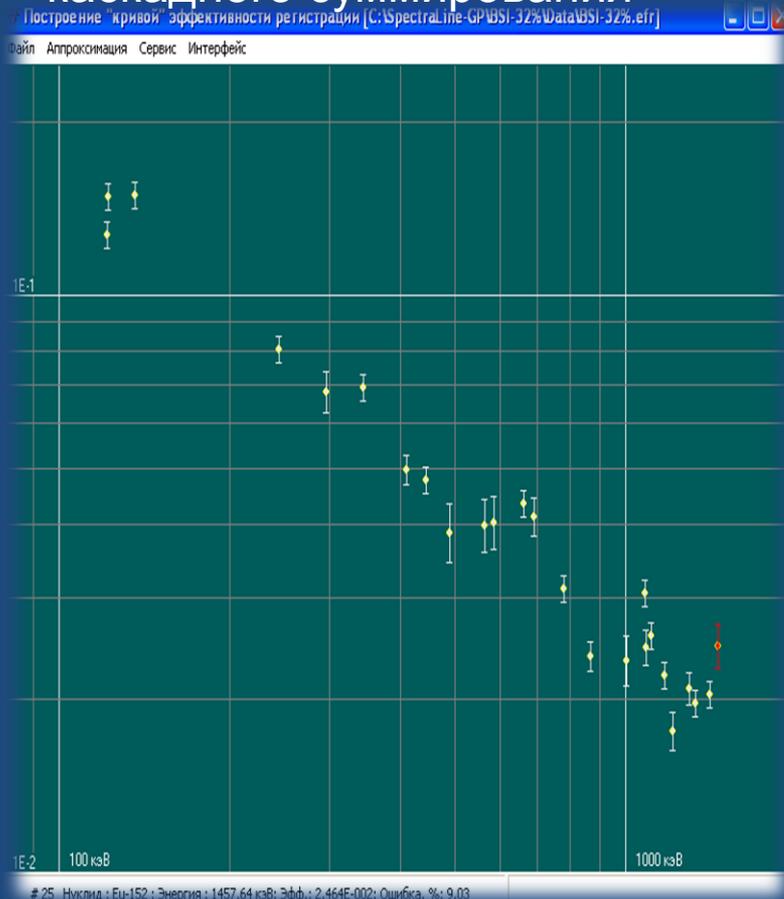
Нуклид/Энергия	Площадь	Активность, Бк	Погрешность, %
<input checked="" type="checkbox"/> K-40	1230	1830	12
<input checked="" type="checkbox"/> Cs-137	5290	450	7
<input checked="" type="checkbox"/> Th-232	14300	450	9
↓ 209.253	560	480	19
↓ 238.632	5600	470	9
↓ 240.986	510	450	14
↓ 300.087	350	440	16
↓ 338.32	1160	450	14
↓ 463.004	360	440	12
↓ 510.77	520	440	13
↓ 583.191	1860	430	11
↓ 727.33	370	450	12
↓ 794.947	219	450	15
↓ 860.564	208	440	15
↓ 911.204	1120	440	10
↓ 964.766	210	450	15
↓ 968.971	660	440	10
↓ 2130.0	100	< 700	
↓ 2614.533	480	430	13
<input checked="" type="checkbox"/> Ra-226	11000	430	9
<input checked="" type="checkbox"/> Unidentified	< 70	-	-

Общий отчет Отчет

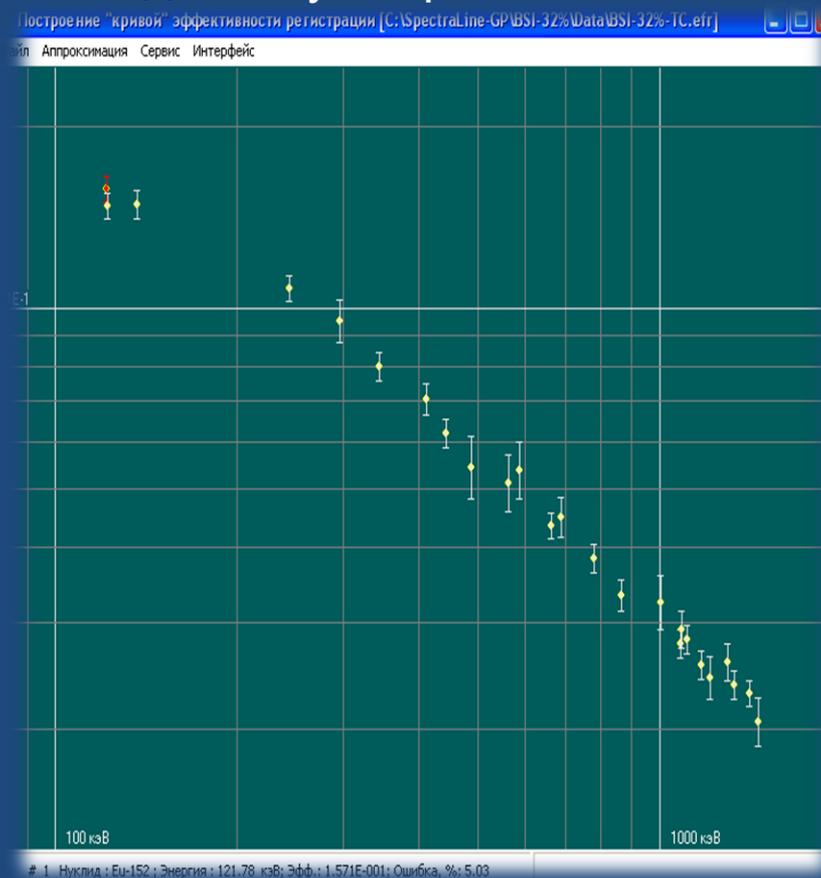
Развернуть/Свернуть линии Выбрать все/Значимые Закрывать

Эффективность регистрации от источников ОСГИ на крышке HPGe-детектора, 32% (BrukerBaltic), рассчитанная:

без учета эффектов
каскадного суммирования



с учетом эффектов
каскадного суммирования



Сравнение результатов расчета активности

Нуклид	A _{паспорт} Бк	A, %	Без поправок			С поправками		
			A	A,%	,%	A	A,%	,%
Eu-152	54040	5%	46000	4	-14.9	54500	1.9	0.9
Co-60	109800	5%	90700	1.5	-17.3	107100	2.4	2.5
Co-57	123100	5%	122400	4	-0.5	122400	4	-0.5
Cs-137	87300	5%	85500	2.1	-2.1	85500	2.1	-2.1
Am-241	5430	3%	5420	4	- 0.2	5420	4	-0.2
Eu-152	3540	3%	3300	2.3	- 6.8	3550	2.5	0.3

Поправки на случайное и истинное суммирования

Нуклид	A _{паспорт.} Бк	A, %	Без поправок			С поправками		
			A	A, %	, %	A	A, %	, %
Eu-152	54040	5%	31100	4	- 42	54500	1.9	0.9
Co-60	109800	5%	54700	1.5	- 50	107100	2.4	2.5
Co-57	123100	5%	112000	4	- 9	122400	4	-0.5
Cs-137	87300	5%	60800	2.1	-30	85500	2.1	-2.1

Аппаратура



HPGe-детектор

GMX10P4-70

Спектрометрическое
Устройство

СУ-05П1

GMX10P4-70

E: NOMINAL 5-mm RADIUS

F: 94-mm CUP LENGTH

G: 3-mm SPACE

H: 0.03-mm/0.03-mm Al/Mylar

I: 0.5-mm Be

J: NOMINAL 8-mm RADIUS

K: 0.8-mm Al

L: 1-mm Al

M: 0.3-micron Ge/B DEAD LAYER

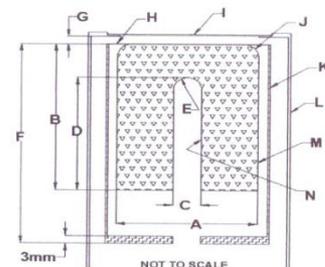
N: 700-micron Ge/Li DEAD LAYER

A= $\frac{45.2}{\text{Crystal Diameter}}$ mm

B= $\frac{48.6}{\text{Crystal Length}}$ mm

C= $\frac{9.3}{\text{Hole Diameter}}$ mm

D= $\frac{41}{\text{Hole Depth}}$ mm



E: NOMINAL 5-mm RADIUS

F: 94-mm CUP LENGTH

G: 3-mm SPACE

H: 0.03-mm/0.03-mm Al/Mylar

I: 0.5-mm Be

J: NOMINAL 8-mm RADIUS

K: 0.8-mm Al

L: 1-mm Al

M: 0.3-micron Ge/B DEAD LAYER

N: 700-micron Ge/Li DEAD LAYER

A= $\frac{45.2}{\text{Crystal Diameter}}$ mm

B= $\frac{48.6}{\text{Crystal Length}}$ mm

C= $\frac{9.3}{\text{Hole Diameter}}$ mm

D= $\frac{41}{\text{Hole Depth}}$ mm

QUALITY ASSURANCE SHEET

GMX Series HPGe (High-Purity Germanium) Coaxial Detector System

Model and Serial Numbers

Detector Model No. GMX10P4-70
 Cryostat Configuration CFG-PV4 Ship Date 8-Dec-09
 Dewar Model _____ Serial No. 49-TN12608A
 Preamplifier Model A257N When calling Customer Service, always
 Preamplifier Serial No. 9149750 reference the Detector Serial No.
 H. V. Filter Model 138EMI Sales Order No. 15002190
 H. V. Filter Serial No. 9306478
 SMART-1-N Serial No. _____

Cryogenic Information

Dewar Capacity 0 Static Holding Time _____
 Detector Cool-Down Time _____

High Voltage Bias

Recommended Operating Bias NEGATIVE 4500 Volts

Performance Specifications*

	Warranted	Measured	Amp Shape Time
Resolution (FWHM) at 1.33 MeV, ⁶⁰ Co	<u>1.80 keV</u>	<u>1.78 keV</u>	<u>6</u> μs
Peak-to-Compton Ratio, ⁶⁰ Co	<u>40:1</u>	<u>45:1</u>	<u>6</u> μs
Relative Efficiency at 1.33 MeV, ⁶⁰ Co	<u>10 %</u>	<u>14 %</u>	<u>6</u> μs
Peak Shape (FWTM/FWHM), ⁶⁰ Co	<u>1.9</u>	<u>1.9</u>	<u>6</u> μs
*Peak Shape (FWFM/FWHM), ⁶⁰ Co	<u>2.6</u>	<u>2.5</u>	<u>6</u> μs
*FWFM/FWHM is typical not warranted			
Resolution (FWHM) at 5.9 KeV, ⁵⁵ Fe	<u>600 eV</u>	<u>569 eV</u>	<u>6</u> μs

OTHER Capsule: SCA # 9257
 Cryo: PV4 # 12995

Data Certified By: _____

Form no. 0308BK vers. 1

DATE 12/8/09

Источники

Маринелли-1л

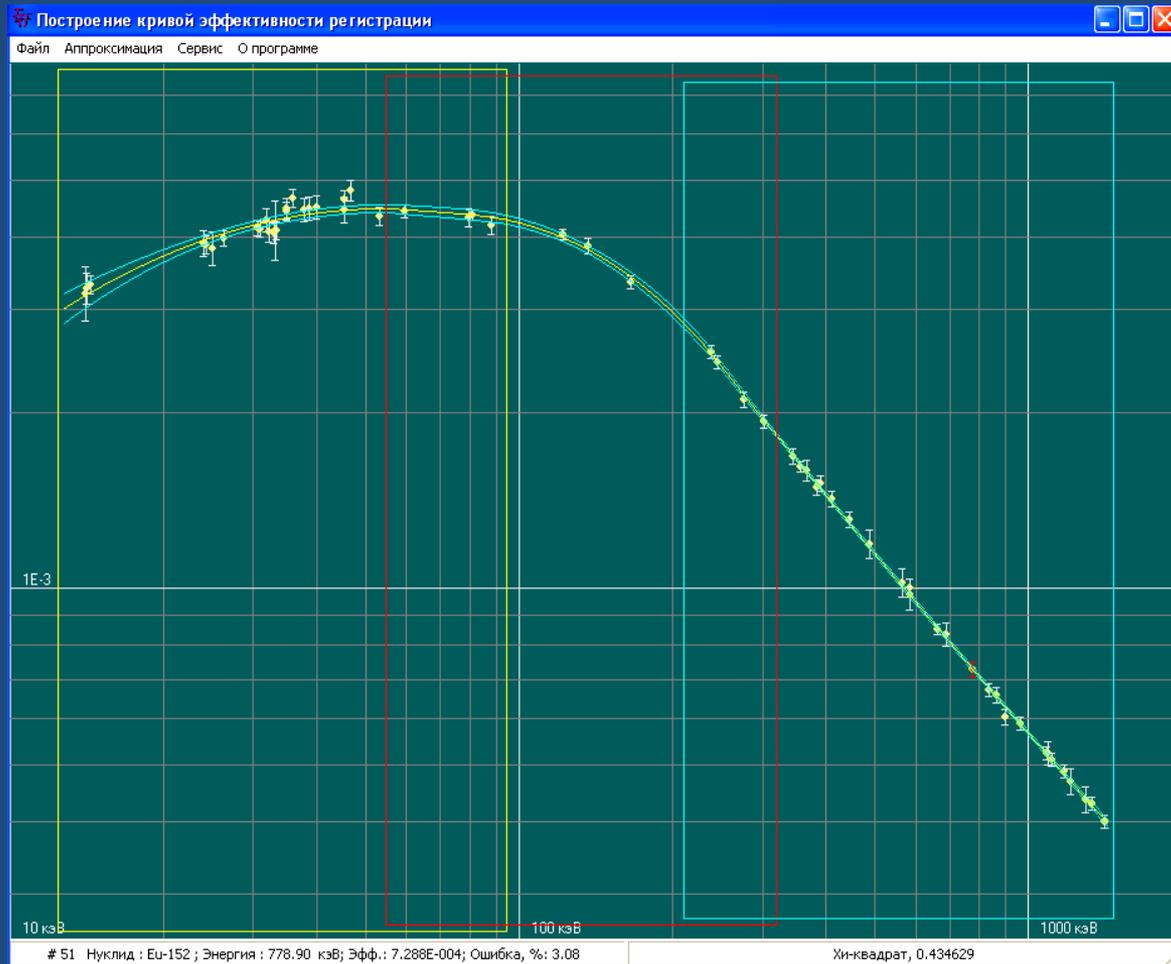
	Нуклид	ρ , г/см ³	A, Бк	dA, %
ОМАСН	Eu-152	0.18	3400	5
ОМАСН	Eu-152	1.0	5800	5
ОМАСН	Eu-152	1.75	3600	5
ОИСН	Eu-152	1.0	4150	5
	Am-241		4200	10
	Ti-44		2130	5
	Cs-137		2210	5

ОСГИ

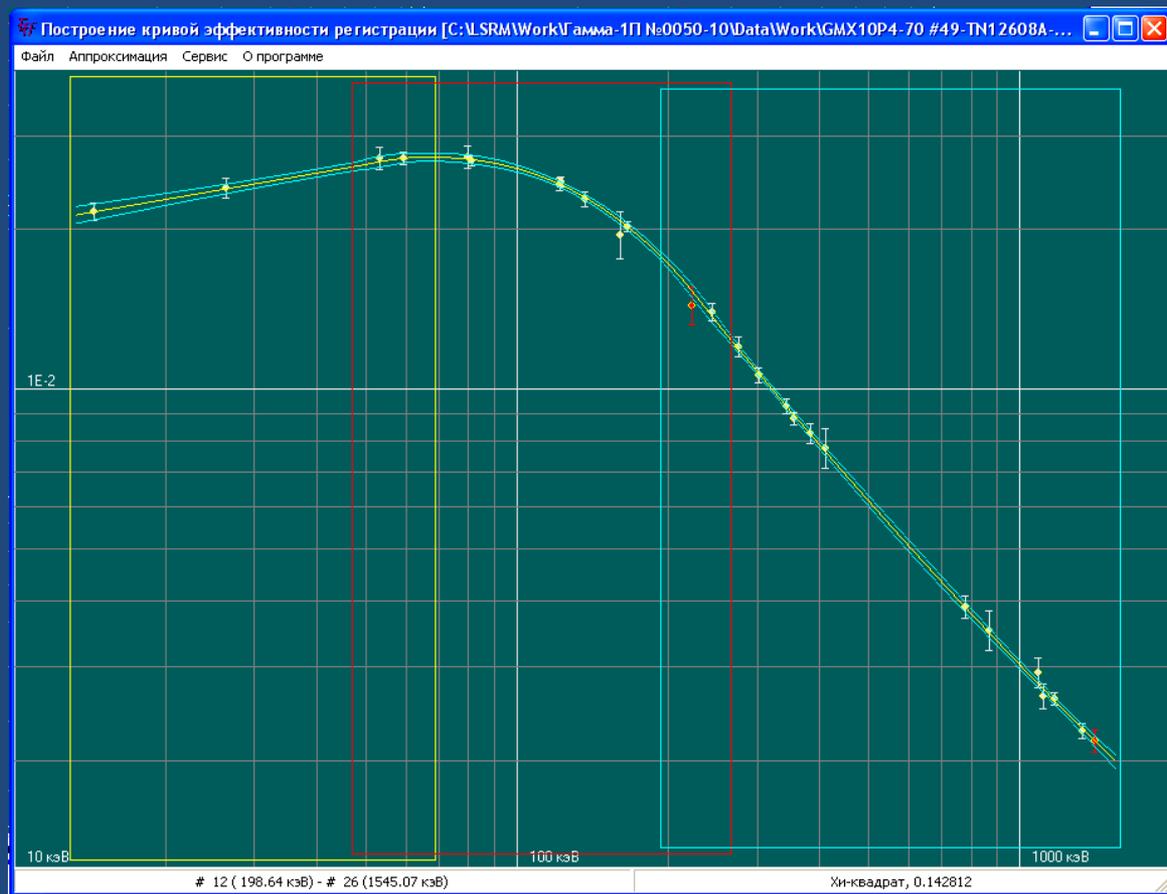
Нуклид	A, Бк	dA, %
Ba-133	44100	2
Cs-137	94200	2
Eu-152	46700	2
Co-60	107800	2
Mn-54	83600	2
Co-57	99500	2
Y-88	134300	2
Cd-109	1033000	2
Sn-113	120000	2
Ce-139	116200	2
Th-228	37700	2
Am-241	116600	2

Кривая эффективности регистрации, полученная с помощью ОСГИ (ВНИИМ) для расстояния 15см.

E,кэВ	e	De,%
14	3.17E-03	5.0
20	3.71E-03	2.5
30	4.19E-03	1.54
50	4.47E-03	1.52
60	4.45E-03	1.8
100	4.23E-03	1.68
200	2.97E-03	2.0
300	1.96E-03	1.08
400	1.45E-03	0.79
600	9.49E-04	0.91
800	7.07E-04	0.79
1000	5.65E-04	0.73
1250	4.53E-04	1.03
1500	3.79E-04	1.59

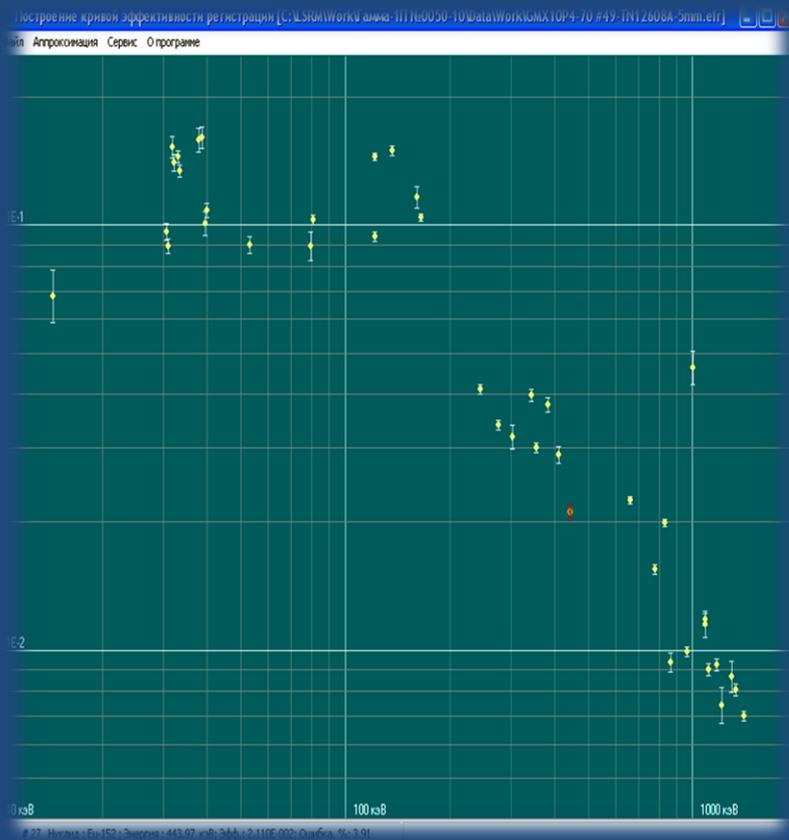


Кривая эффективности регистрации, полученная с помощью ОСГИ (ВНИИМ) для расстояния 5см.

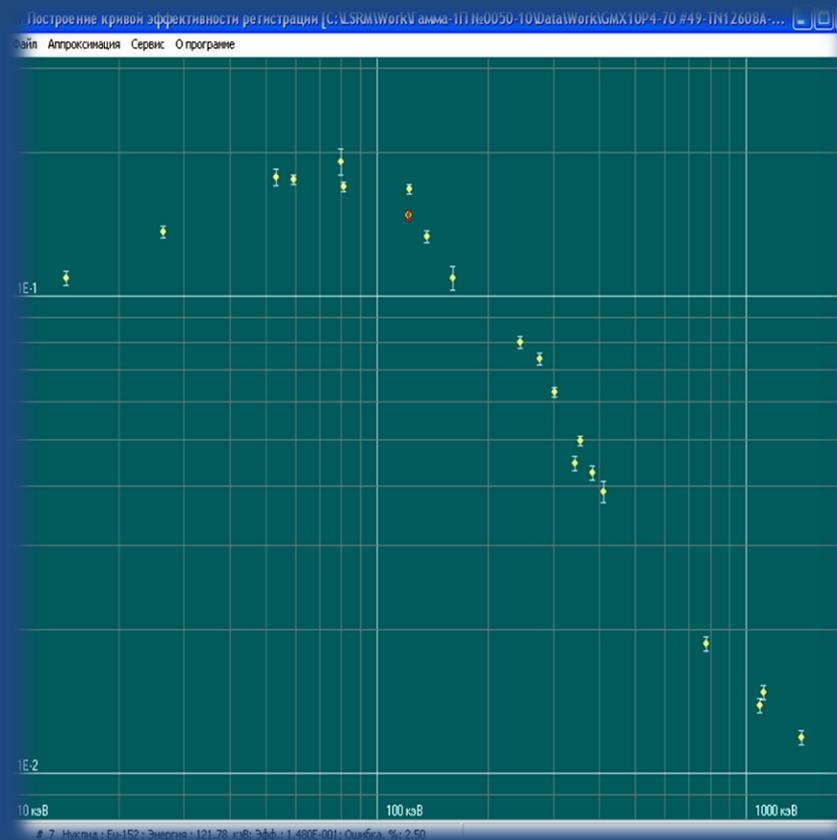


Эффективность регистрации от источников ОСГИ на крышке (5мм).

без учета эффектов каскадного суммирования



с учетом эффектов каскадного суммирования



Кривая эффективности регистрации от источников ОСГИ на крышке (5мм).

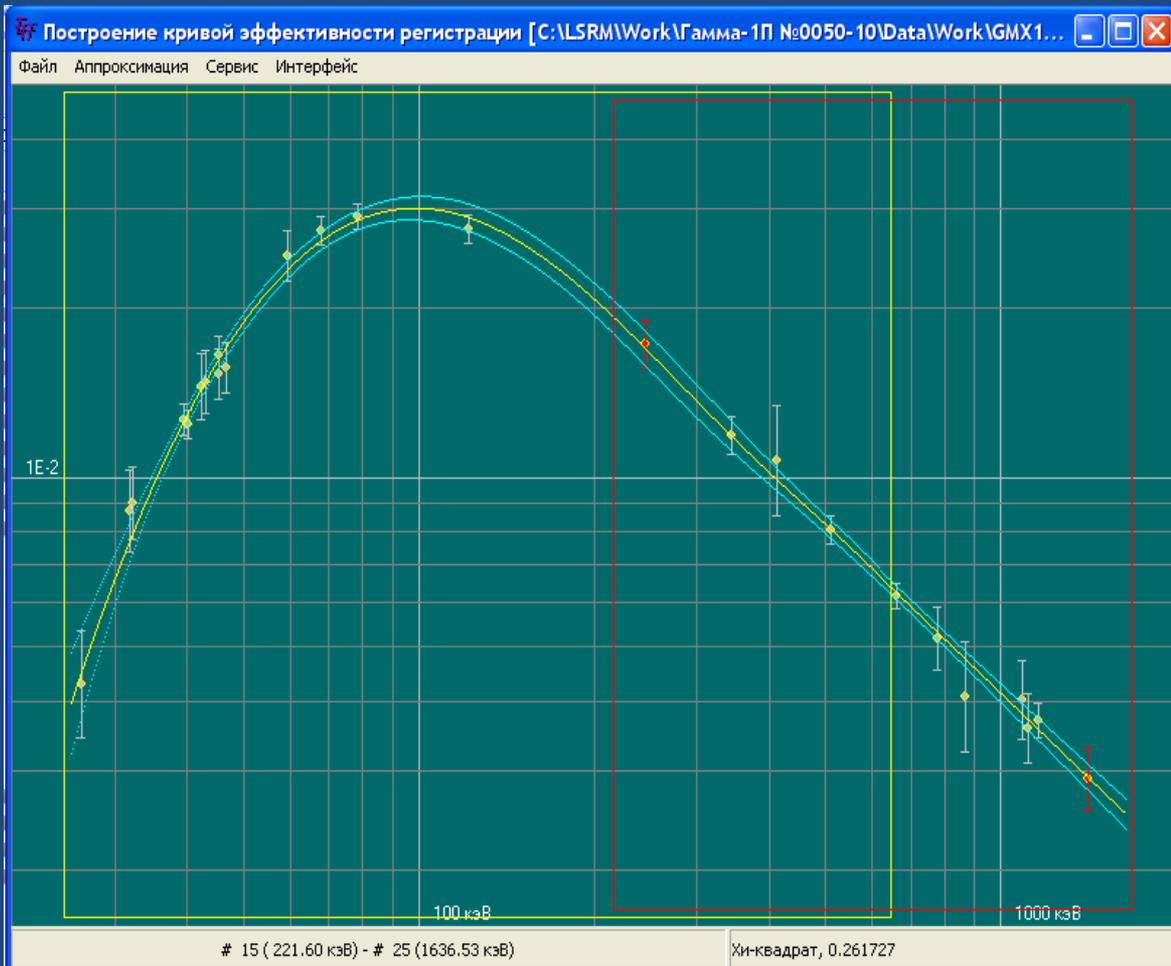
E,кэВ	e	De,%
14	1.08E-01	16.5
30	1.45E-01	11.86
50	1.72E-01	7.57
60	1.76E-01	6.81
100	1.66E-01	5.51
200	1.03E-01	7.7
300	6.11E-02	6.7
400	4.34E-02	6.23
600	2.77E-02	6.23
800	2.01E-02	7.76
1000	1.57E-02	9.43
1250	1.23E-02	11.33
1500	1.00E-02	12.97



Эффективность регистрации в сосуде Маринелли

	Нуклид	ρ , г/см ³	A, Бк	dA, %
ОМАСН	Eu-152	0.18	3400	5
ОМАСН	Eu-152	1.0	5800	5
ОМАСН	Eu-152	1.75	3600	5
ОИСН	Eu-152	1.0	4150	5
	Am-241		4200	10
	Ti-44		2130	5
	Cs-137		2210	5

E, кэВ	e	De, %
30	6.56E-03	10
50	1.89E-02	3.6
100	3.01E-02	4.8
200	2.08E-02	6.5
500	8.24E-03	3.2
1000	4.12E-03	3.8
1500	2.75E-03	5.6



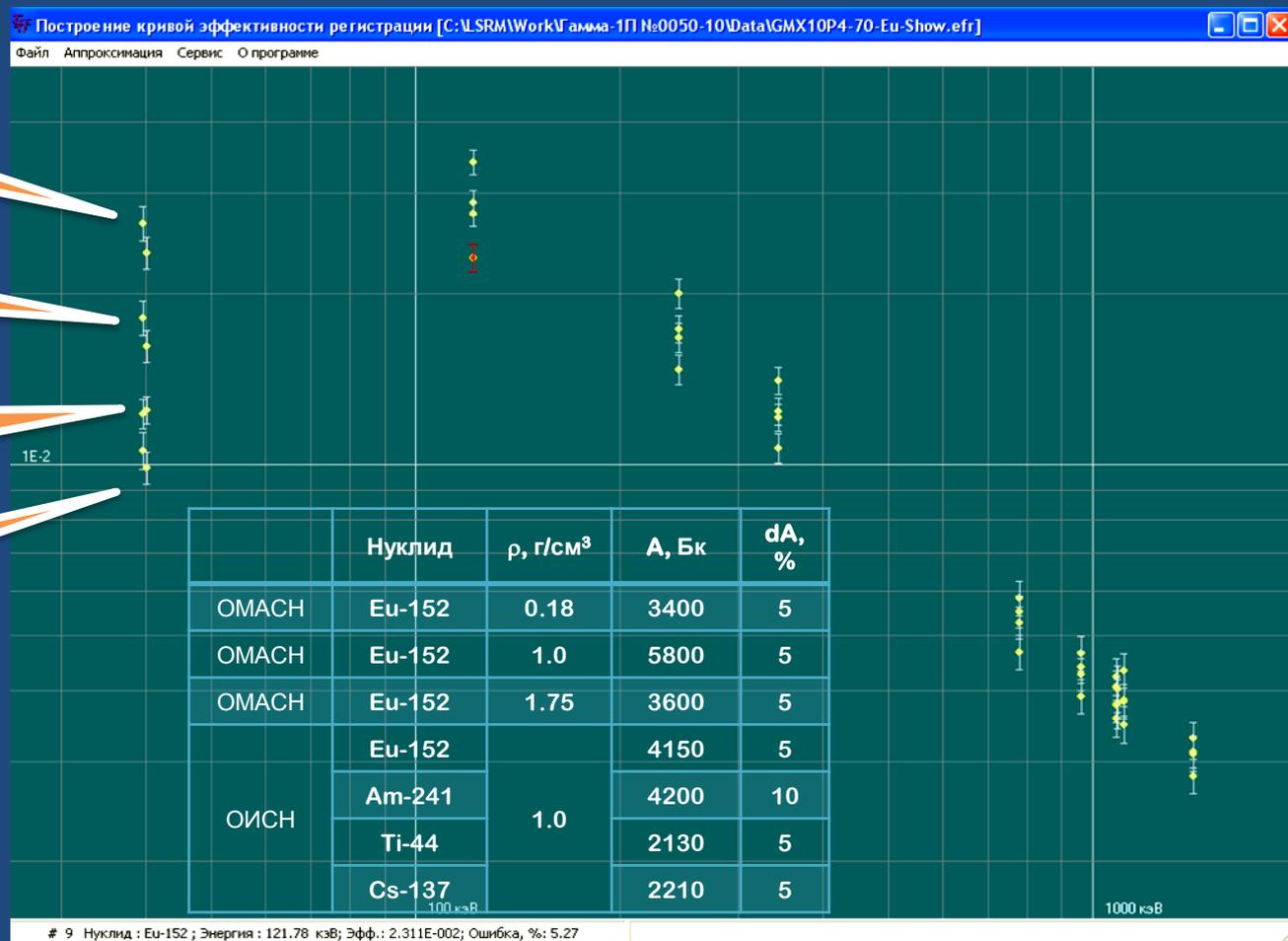
Влияние плотности и материала образца на самопоглощение гамма излучения

Опилки³
 $\rho=0.18\text{г/см}^3$

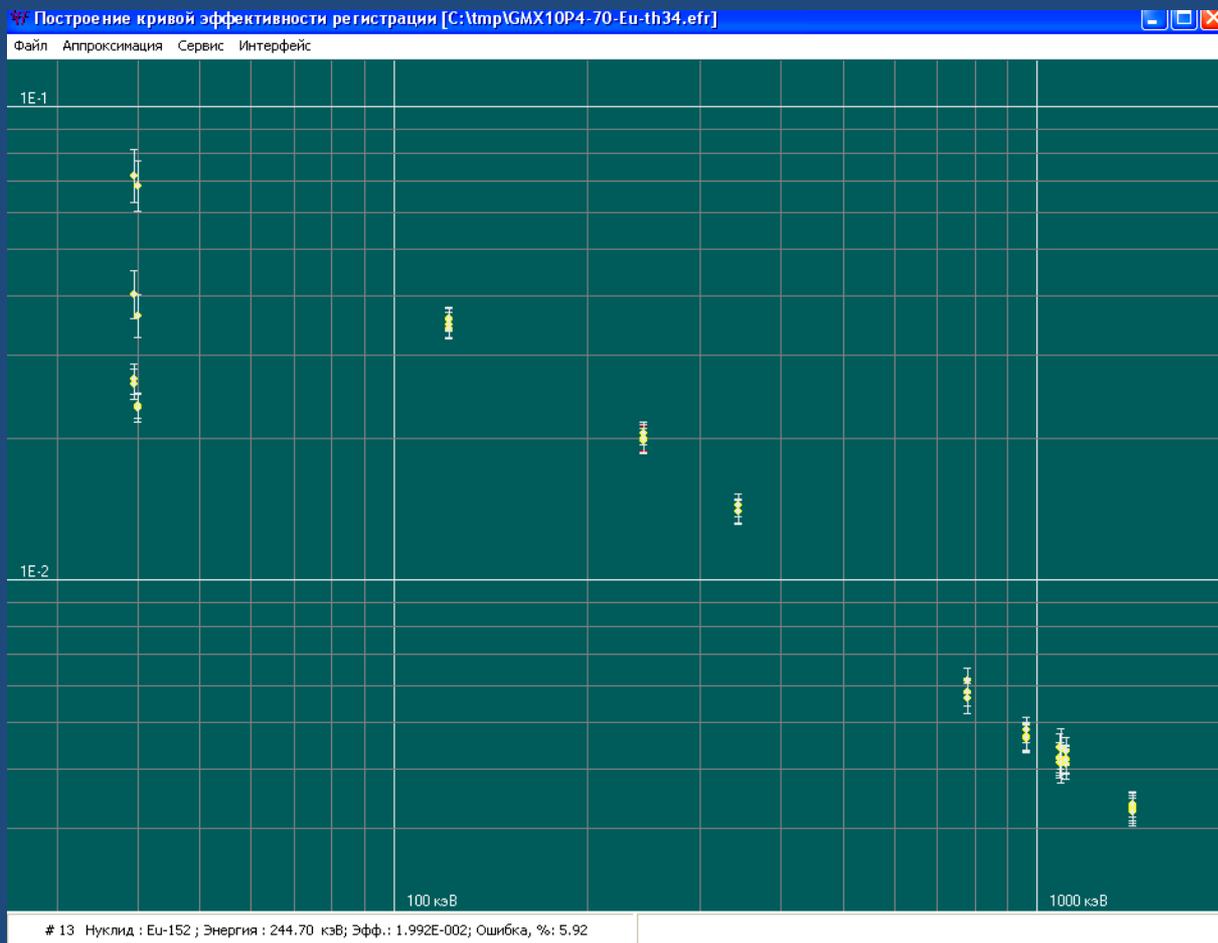
Вода³
 $\rho=1.0\text{г/см}^3$

Кварцевый
 песок³
 $\rho=1.7\text{г/см}^3$

ОИСН³
 $\rho=1.0\text{г/см}^3$



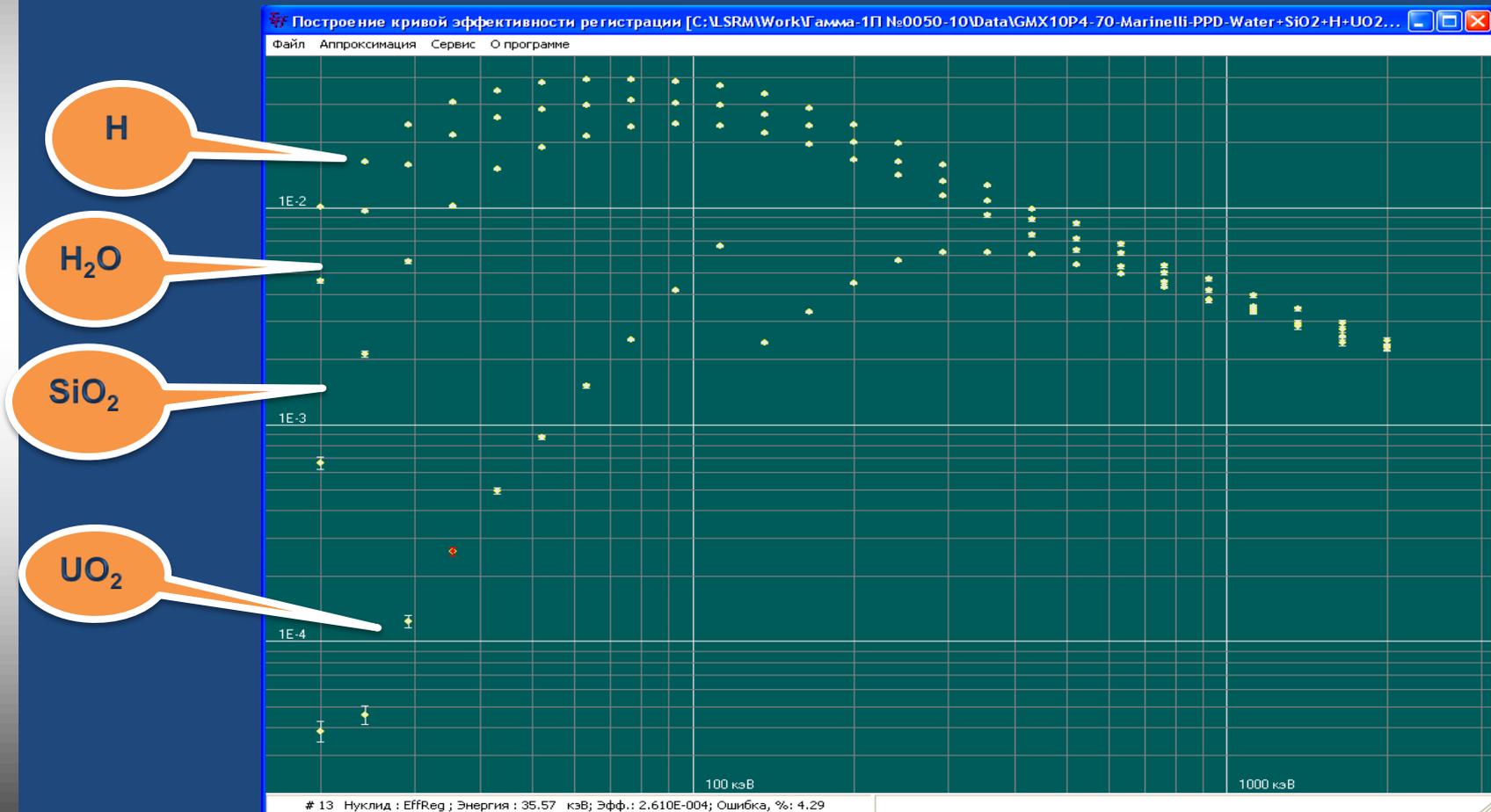
Коррекция эффективности регистрации методом «эффективной» толщины



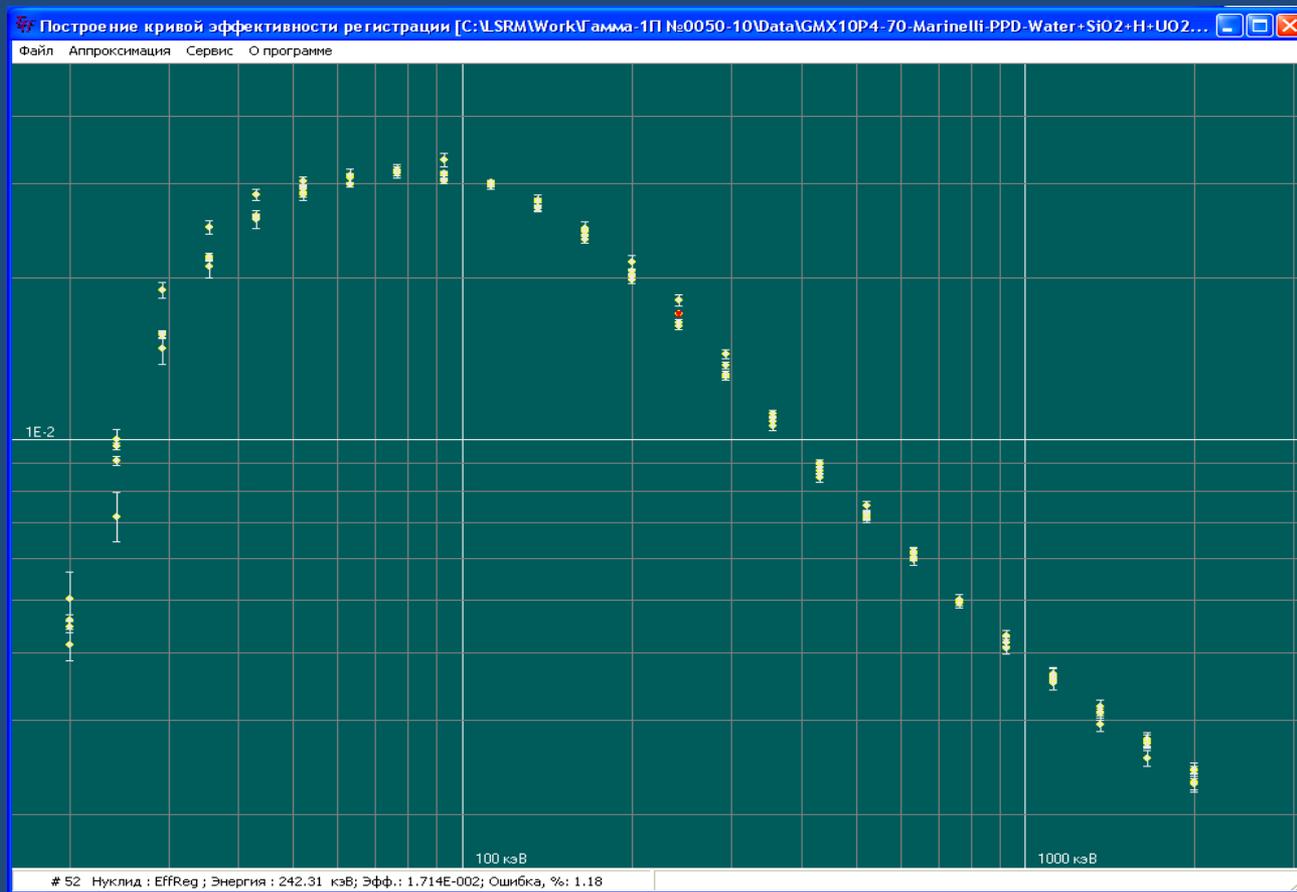
Коррекция эффективности регистрации **НОВЫМ МЕТОДОМ** «**эффективной**» толщины



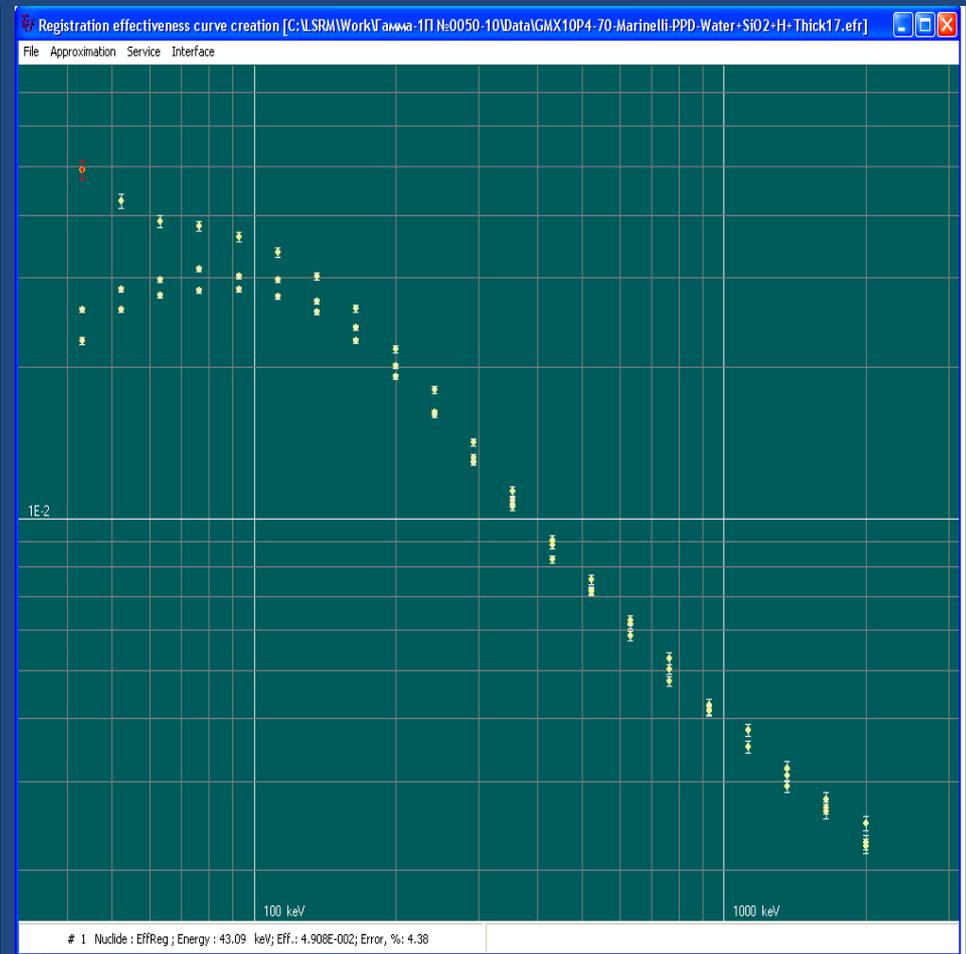
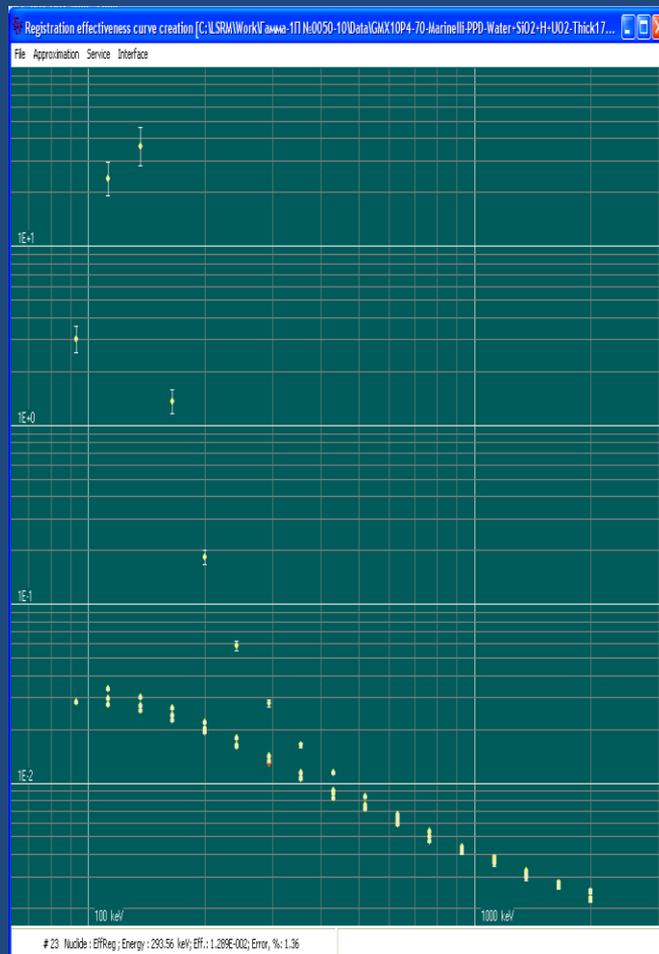
Влияние плотности и материала образца на самопоглощение гамма излучения – рассчитано методом Монте-Карло



Коррекция эффективности регистрации **НОВЫМ МЕТОДОМ** «эффективной» толщины

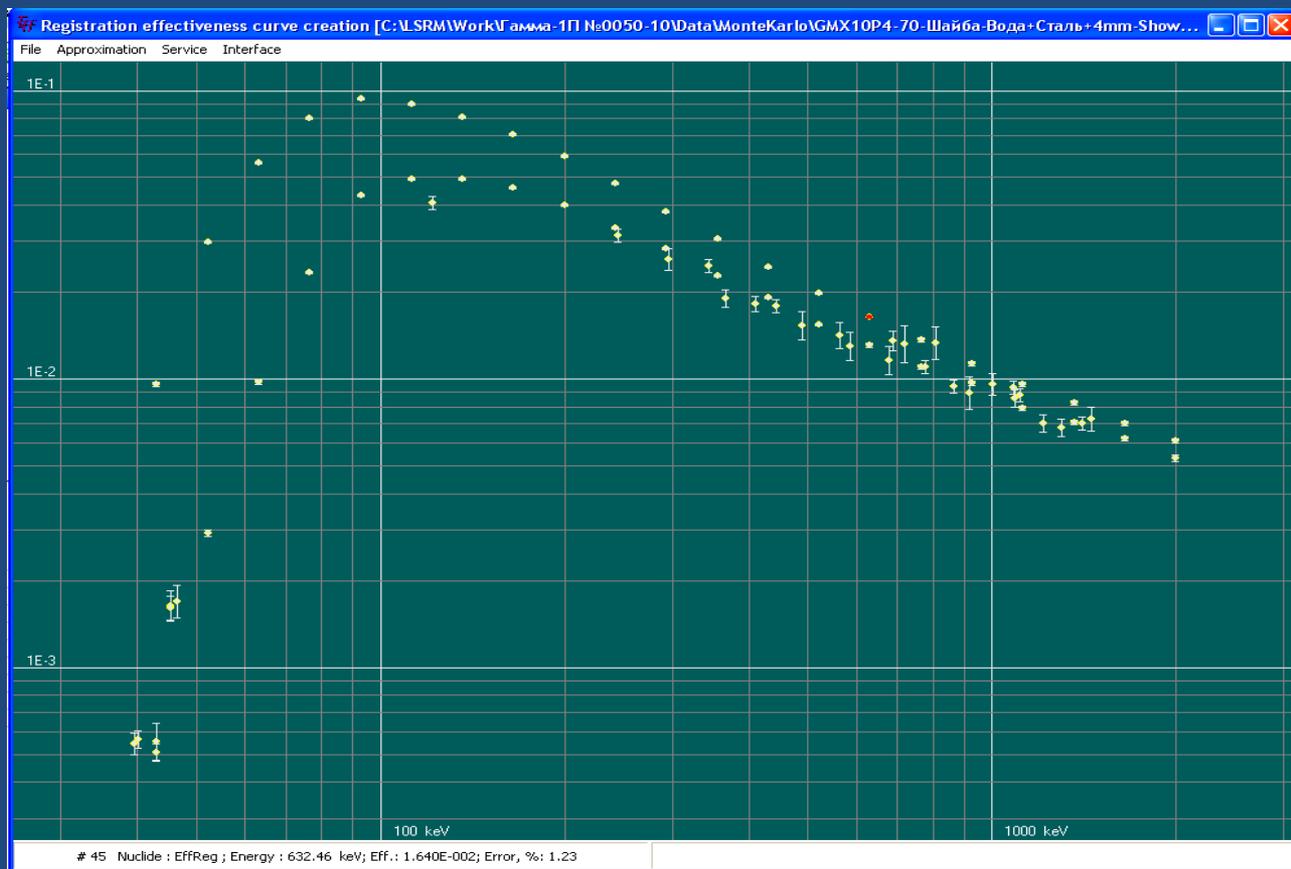


Коррекция эффективности регистрации «старым» МЕТОДОМ

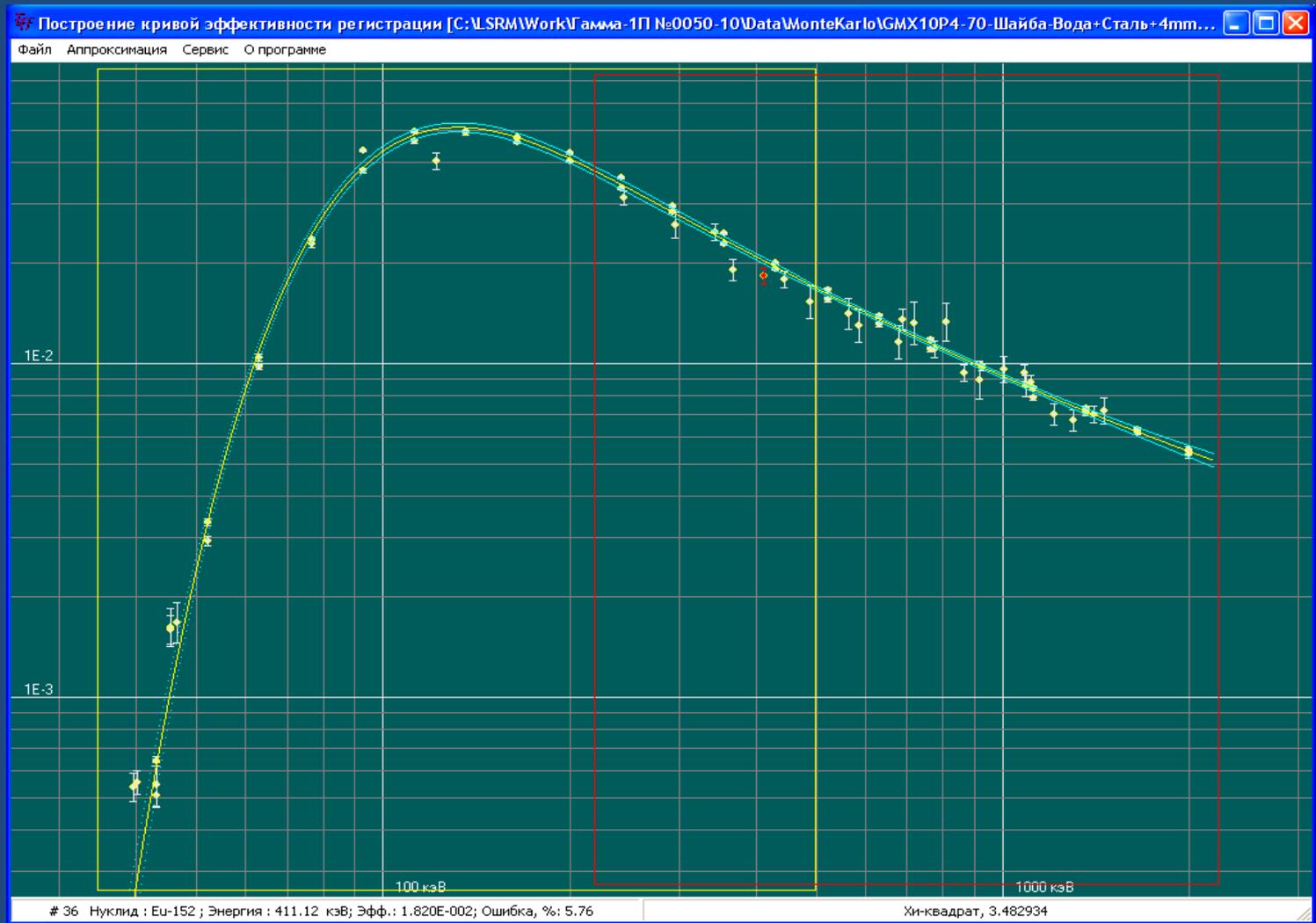


Измерения металла

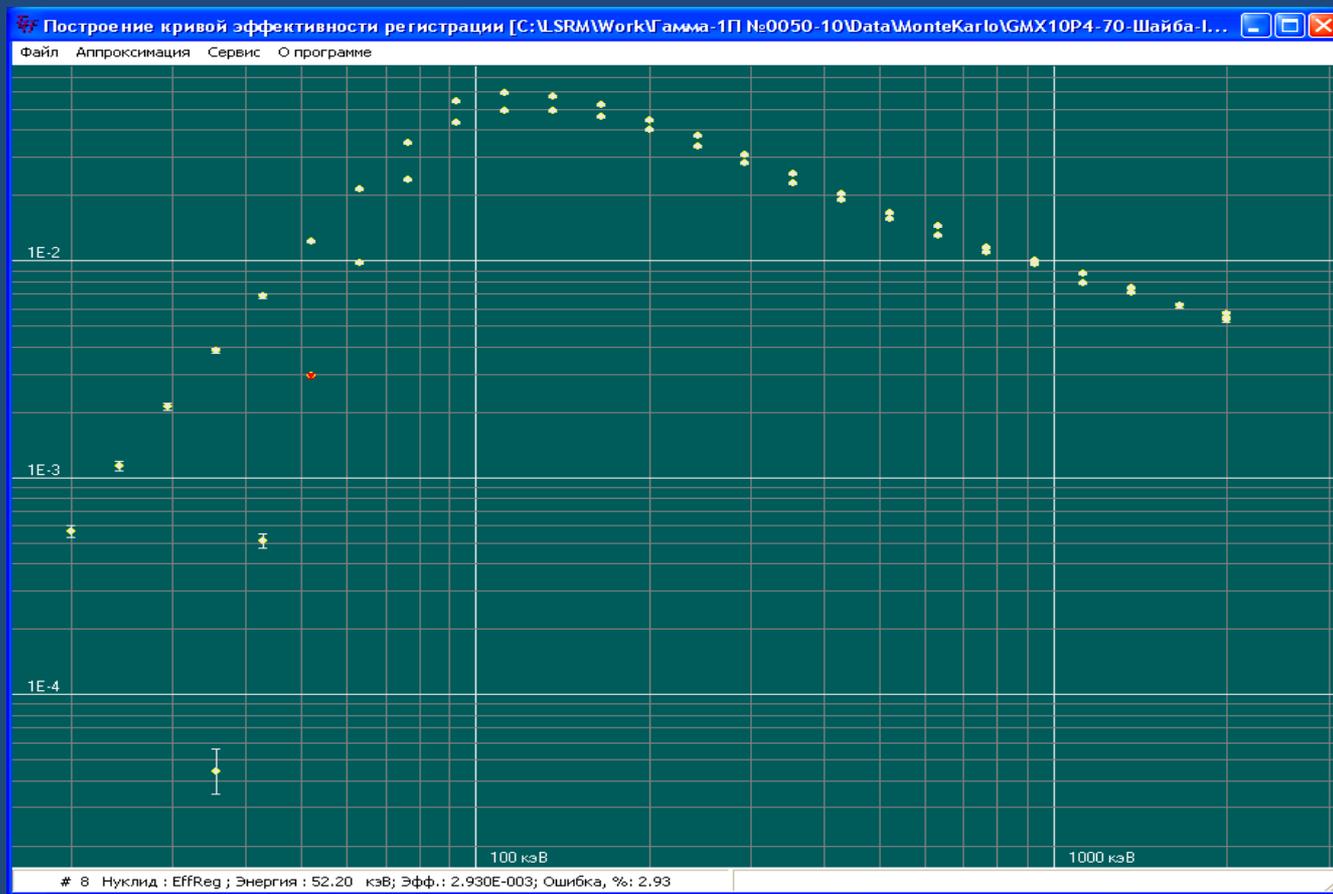
Стальная Шайба
D=38 mm
H=10 mm



Эффективность для стальной шайбы



Влияние 1мм стали



Спасибо за внимание!

<http://www.lsrn.ru>



**LABORATORY
of spectrometry
and radiometry**

**<http://www.lsrn.ru>
mail: lsrn@lsrn.ru
Phone: +7 495 660-16-14
Located in Moscow, Russia**

