

Эталонные источники фотонного излучения, новые разработки Проблемы и решения

А. Б. Рогозов, Ю. А. Тычинкин, М. В. Миронов, Ю. В. Лобанов, А. В. Коптев
ЗАО «РИТВЕРЦ», Санкт-Петербург

И. А. Харитонов, Н. Н. Моисеев, Е. Е. Терещенко
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», Санкт-Петербург

Производители эталонных источников фотонного излучения

Наиболее крупные производители в прошлом:

- Amersham (Англия)
- IPL (США)
- CERCA (Франция)
- EVROSTANDARD (Чехословакия)
- Радиевый институт им. В. Г. Хлопина (СССР)

В настоящее время:

- EZAG Nuclitec (Германия)
- EZAG Isotope Product Laboratories (США)
- AREVA LEA CERCA (Франция)
- EVROSTANDARD (Чешская республика)
- АО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина»
- ФГУП ГНЦ-Институт Биофизики
- ЗАО «РИТВЕРЦ»
- ООО «НТЦ Амплитуда»

Сравнение технических характеристик

Тип источника	ОСГИ-3	ОСГИ-Р	ОСГИ-А	ОСГИ (Биофизика)	Gamma standards Type M (США)	QCRB (Германия)	ОСГИ-П
Количество радионуклидов	20	20	15	13	36	13	20
Диапазон активностей, кБк	1-1000	1-1000	2-1000	1-200	3,7-3700	37-3700	5-3700
Размеры активной части, мм	3	3	не более 5	не более 5	3	~ 1	2
Технология изготовления	Нуклид нанесен на полиимидную пленку, 50 мкм	Нуклид нанесен на полиимидную пленку, 50 мкм	Нуклид нанесен на полиэфирную пленку	Триацетат или полиэтилен, 25 мкм	Нуклид нанесен на пленку из майлара	Ионообменная смола в корпусе из оргстекла с толщиной окна 1 мм	Таблетка BeO в корпусе из оргстекла с толщиной окна 1 мм
Радионуклидные примеси, % *	0,2	0,2	0,5	0,5	Нет данных	Нет данных	0,09

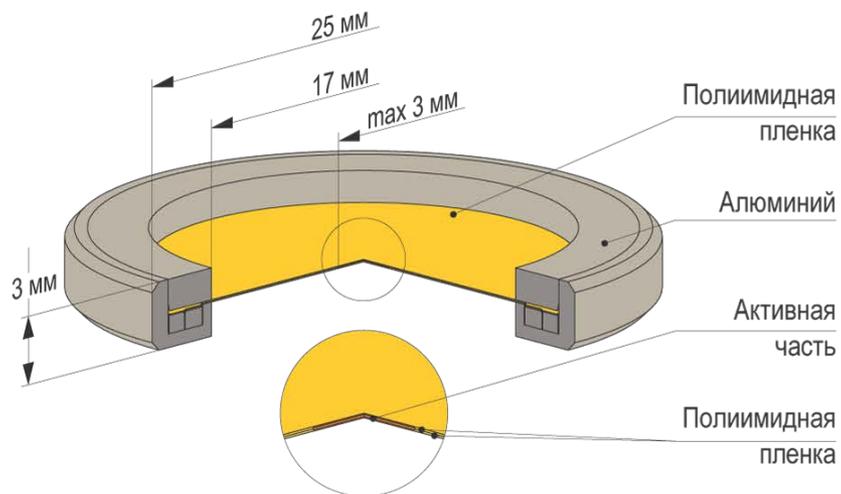
* — Отношение примесного радионуклида к активности основного (усреднённое)

Сравнение технических характеристик(продолжение)

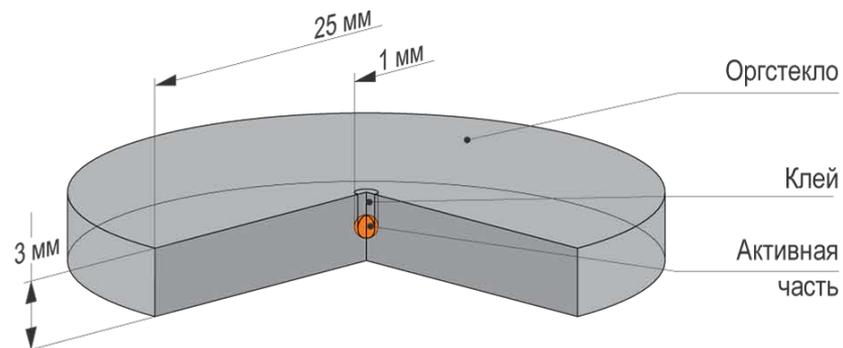
Тип источника	ОСГИ-3	ОСГИ-Р	ОСГИ-А	ОСГИ (Биофизика)	Gamma standards Type M (США)	QCRB (Германия)	ОСГИ-П
Аттестуется по активности, погрешность, %	3 P=0,95	3 P=0,95	4 P=0,95	3 P=0,95	3-4 P=0,95	3-4 P=0,95	3 P=0,95
Внешний вид	Активная часть иногда не видима	Активная часть иногда не видима	Активная часть не видима, центр источника отмечен	Активная часть не видима	Активная часть не видима	Активная часть всегда видима	Активная часть всегда видима
Условия эксплуатации, температура, °С	От -50 до +50	От -50 до +50	От -50 до +50	От -40 до +60	Нет данных	Нет данных	-40 до +70
Прочность (Классификация ISO 2919)	C35X42	C33141	C23222	Нет данных	Нет данных	C34343	C34343
Разброс активности в источнике, % (Tolerance)	±25	±20	±25	-20...+50	Нет данных	-10... +30	-10... +20

Технологические проблемы производства некоторых типов источников

Источник типа ОСГИ

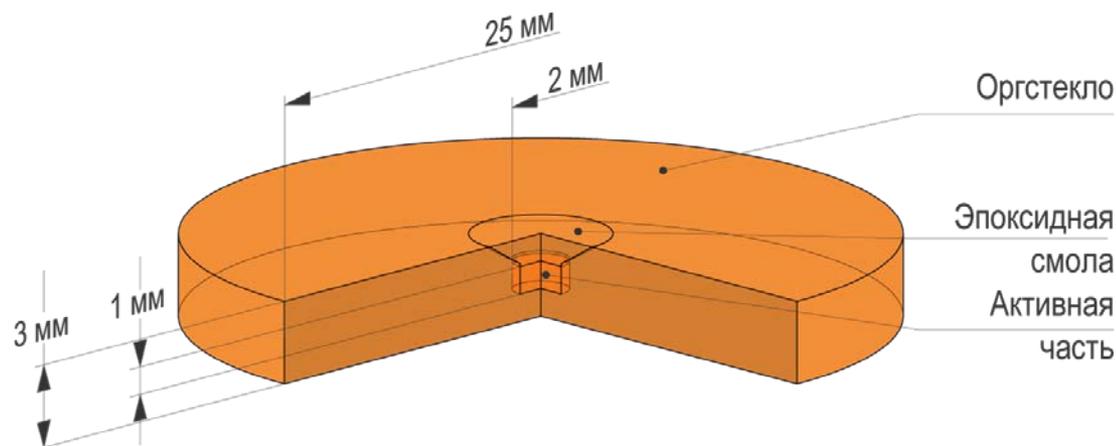


Источник QCRB (Германия)



Источники типа ОСГИ-П —эталонные гамма источники в прочном корпусе

- Классификация ISO: C34343
- Отклонение активности от номинального значения -10%...+20%
- Активная часть: керамика BeO
- Назначенный срок службы: 6-12 лет (зависит от радионуклида)



- Прочная конструкция с жесткой геометрией
- Видимая активная часть, фиксированная по диаметру и высоте, имеющая небольшой размер
- Надежная герметизация, дающая возможность увеличивать как номиналы источников, так и назначенный срок службы

Метрологические проблемы при аттестации источников

Таблица коэффициентов пропускания фотонного излучения в корпусе источника типа ОСГИ-П (первая и последняя строки – экстраполяция)

Энергия, кэВ	Коэффициент пропускания	Радионуклид	Коэффициенты пропускания, Nuclitec (Германия)
46,54	0,960	Pb-210	0,964
59,54	0,962	Am-241	0,958
67,88	0,963	Ti-44	
74,67	0,964	Am-243	
88,34	0,965	Cd-109	0,970
97,43	0,965	Gd-153	
122,06	0,967	Co-57	0,973
165,86	0,969	Ce-139	
356,01	0,977	Ba-133	0,979
391,71	0,978	Sn-113	
569,70	0,982	Bi-207	
604,70	0,982	Cs-134	
661,62	0,983	Cs-137	0,985
834,85	0,985	Mn-54	0,987
1115,55	0,987	Zn-65	
1275,54	0,988	Na-22	
1332,50	0,988	Co-60	0,988
1408,00	0,988	Eu-152	
1836,07	0,991	Y-88	0,991
2614,00	0,998	Th-228	

Метрологические проблемы при аттестации источников

Таблица коэффициентов пропускания фотонного излучения, расчет ВНИИМ

Геометрия: расстояние до детектора 10 см, угол вылета 10° (близка к реальной)

Энергия, кэВ	Коэффициент пропускания	Коэффициенты пропускания, наши данные
40	0,94911	
50	0,95266	
60	0,95423	0,962
70	0,9552	
90	0,95671	
110	0,95775	
130	0,95895	
150	0,96029	
200	0,96159	
250	0,96226	
300	0,963	
350	0,96407	0,977
400	0,96487	0,978
450	0,96537	

Энергия, кэВ	Коэффициент пропускания	Коэффициенты пропускания, наши данные
500	0,96597	
550	0,96637	
600	0,9668	0,982
650	0,967	
700	0,9674	
750	0,9675	
800	0,9677	
900	0,9687	
1000	0,9692	
1200	0,96929	
1400	0,97029	0,988
1600	0,97045	
1800	0,9709	
2000	0,97097	

Кривые эффективности

Предлагаемый набор для построения кривой эффективности:

Y-88

Co-60

Mn-54

Cs-137

Ba-133 (81 кэВ)

Eu-152 (344 кэВ)

Ce-139

Co-57

Cd-109

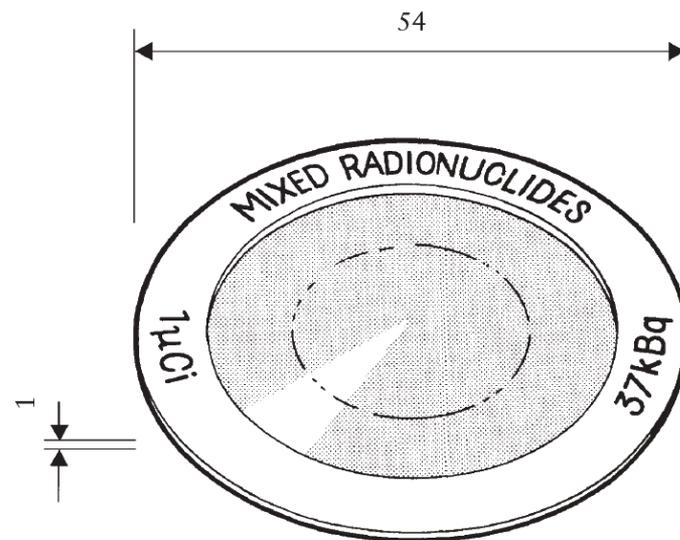
Am-241 (60 кэВ)

Pb-210

Источник QCD1

Радионуклидный состав источника

Радионуклид	Активность, кБк	Энергия, кэВ
Cd-109	17	88
Co-57	1	122
Ce-139	1	166
Hg-203	2	279
Sn-113	3	392
Sr-85	4	514
Cs-137	3	662
Co-60	3	1173 1333
Y-88	6	898 1836



Характеристики источника ОСГИ-М

Требования к источнику:

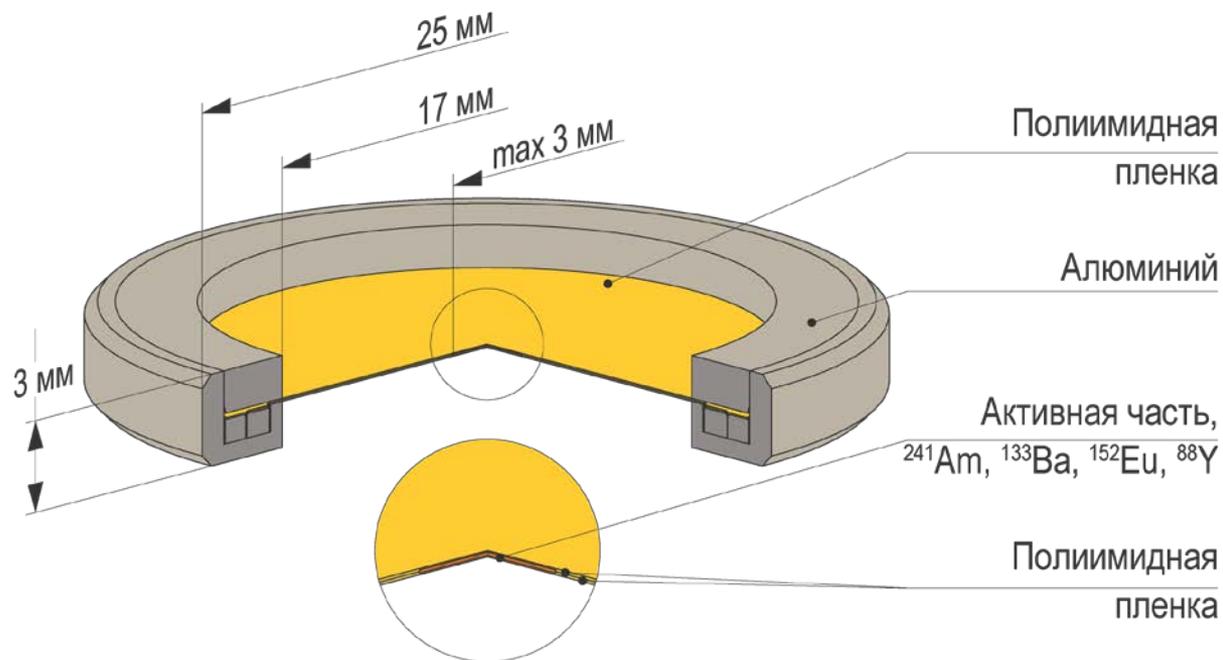
1. Диапазон надежно регистрируемых энергий:
13,9 – 1836,4 кэВ (ППД на основе ОЧГ);
59,4 – 1836,4 кэВ (ППД на основе GeLi).
2. Количество регистрируемых энергий, предназначенных для калибровки по эффективности и энергии, для обоих детекторов должно быть не менее 20.
3. Активность каждого радионуклида подобрана так, чтобы надежно обеспечить возможность работы с источником в течение 2 лет, что соответствует обязательному поверочному интервалу 2 г:

Y-88	370 кБк
Ba-133	37 кБк
Eu-152	37 кБк
Am-241	37 кБк

Таким образом, при выполнении этих требований источник будет многофункционален, т. е. может быть использован и для первичной калибровки, и для периодической проверки работоспособности спектрометрической аппаратуры сразу во всем диапазоне энергий, и при пуско-наладочных работах.

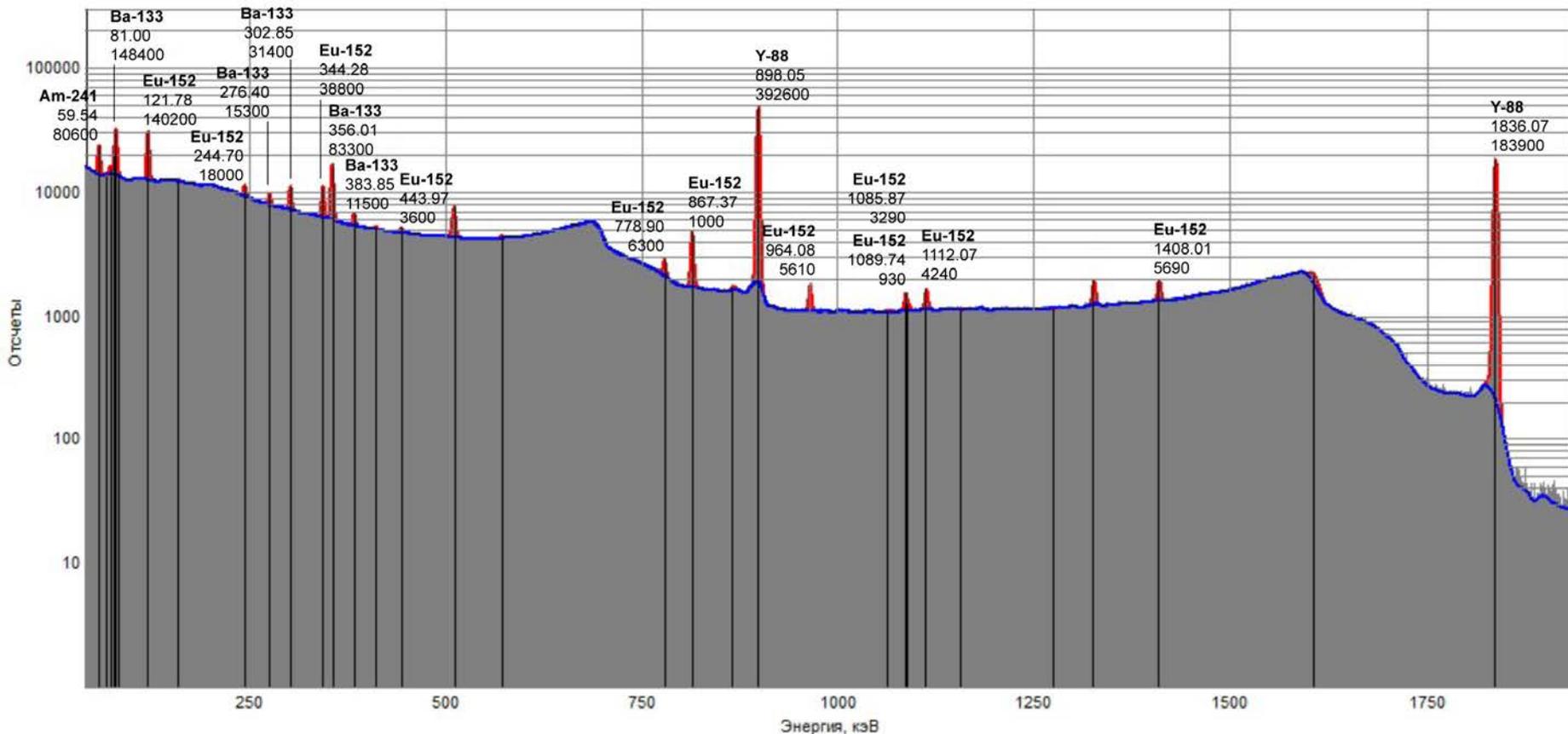
Источники типа ОСГИ-М

—эталонные гамма источники с несколькими радионуклидами



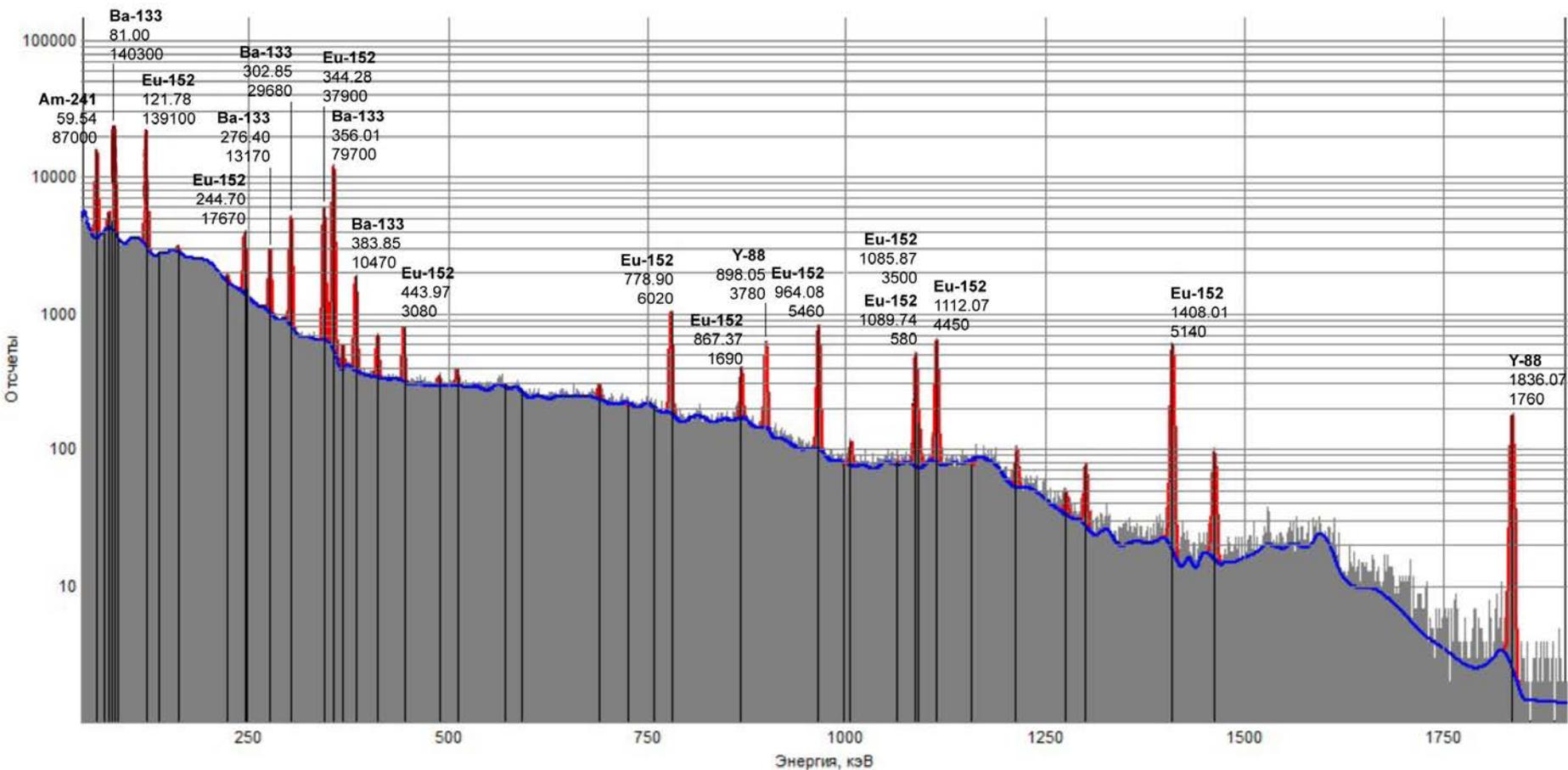
ППД GeLi (ДГДК-80, расстояние от детектора 15 см)

Гамма-спектр источника №1 с радионуклидным составом: Am-241 (36 кБк), Ba-133 (36 кБк), Eu-152 (39 кБк), Y-88 (380 кБк),



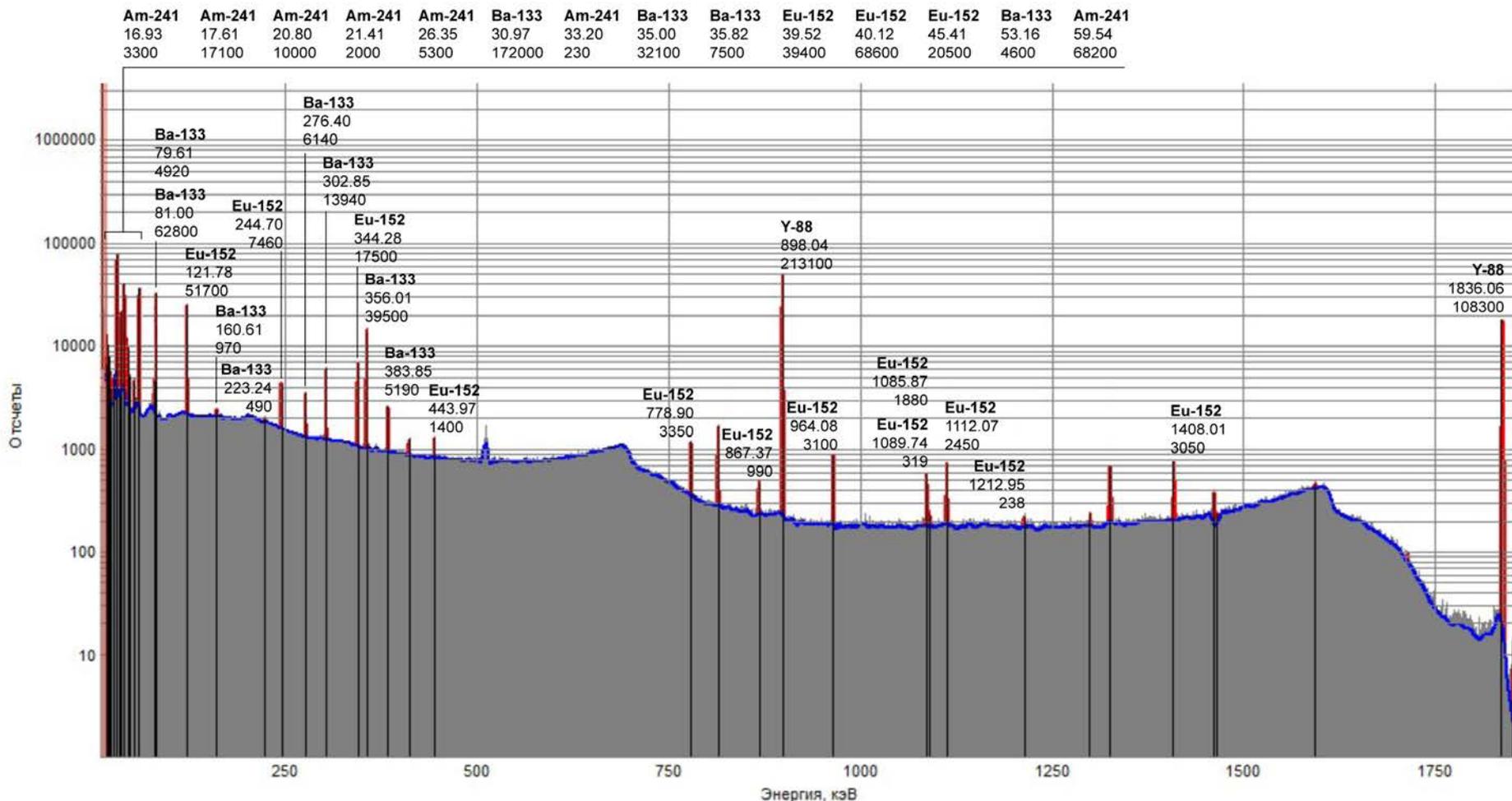
ППД GeLi (ДГДК-80, расстояние от детектора 15 см) через 2 года

Гамма-спектр источника №2, имитирующего источник №1, с радионуклидным составом:
Am-241 (38 кБк), Ba-133 (33 кБк), Eu-152 (36 кБк), Y-88 (3.5 кБк)



ППД HPGe (коаксиальный типа ORTEC GEM-FX5825, расстояние от детектора 40 см)

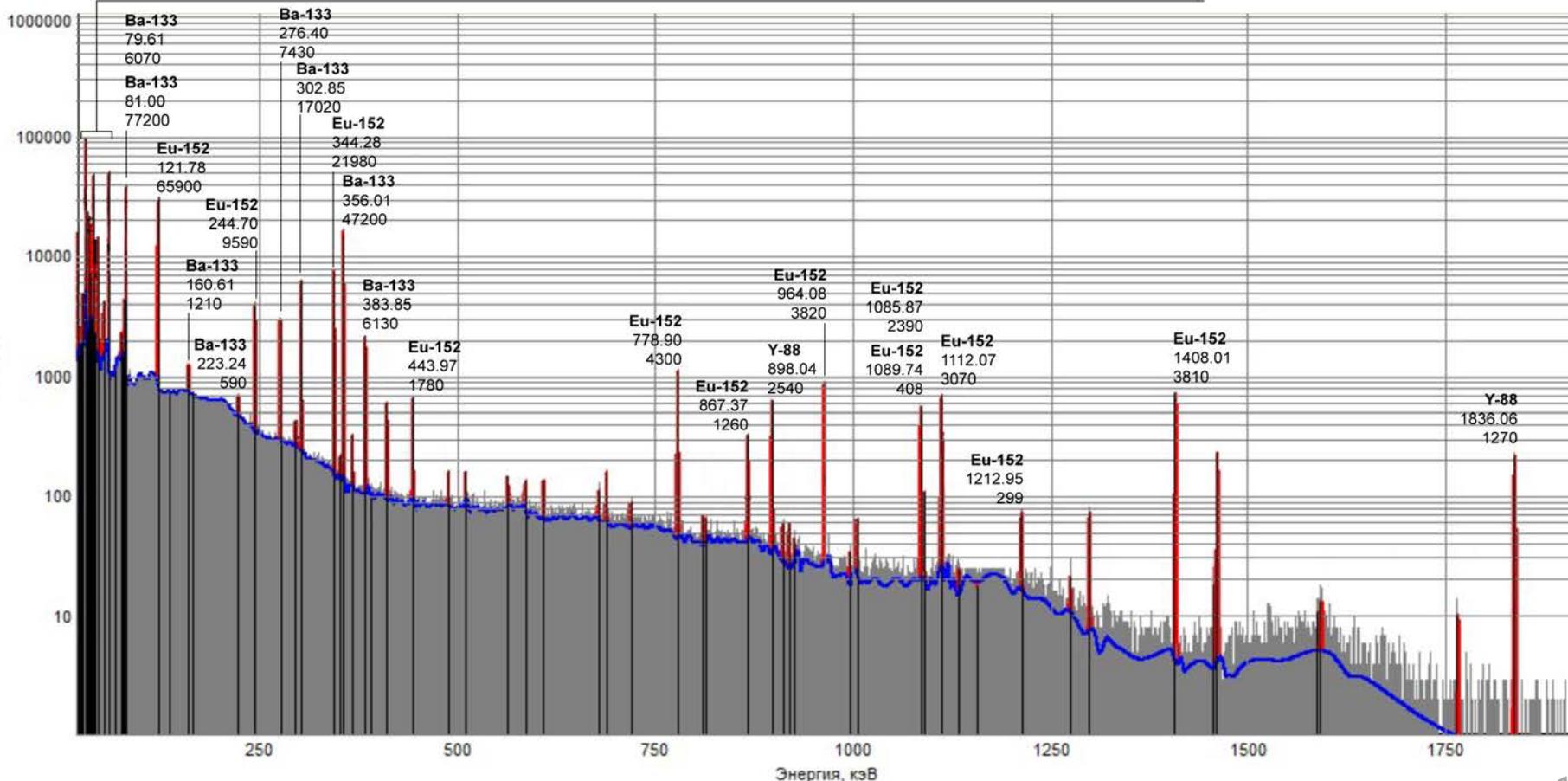
Гамма-спектр источника №1 с радионуклидным составом: Am-241 (36 кБк), Ba-133 (36 кБк), Eu-152 (39 кБк), Y-88 (380 кБк)



ППД HPGe (коаксиальный типа ORTEC GEM-FX5825, расстояние от детектора 40 см) **через 2 года**

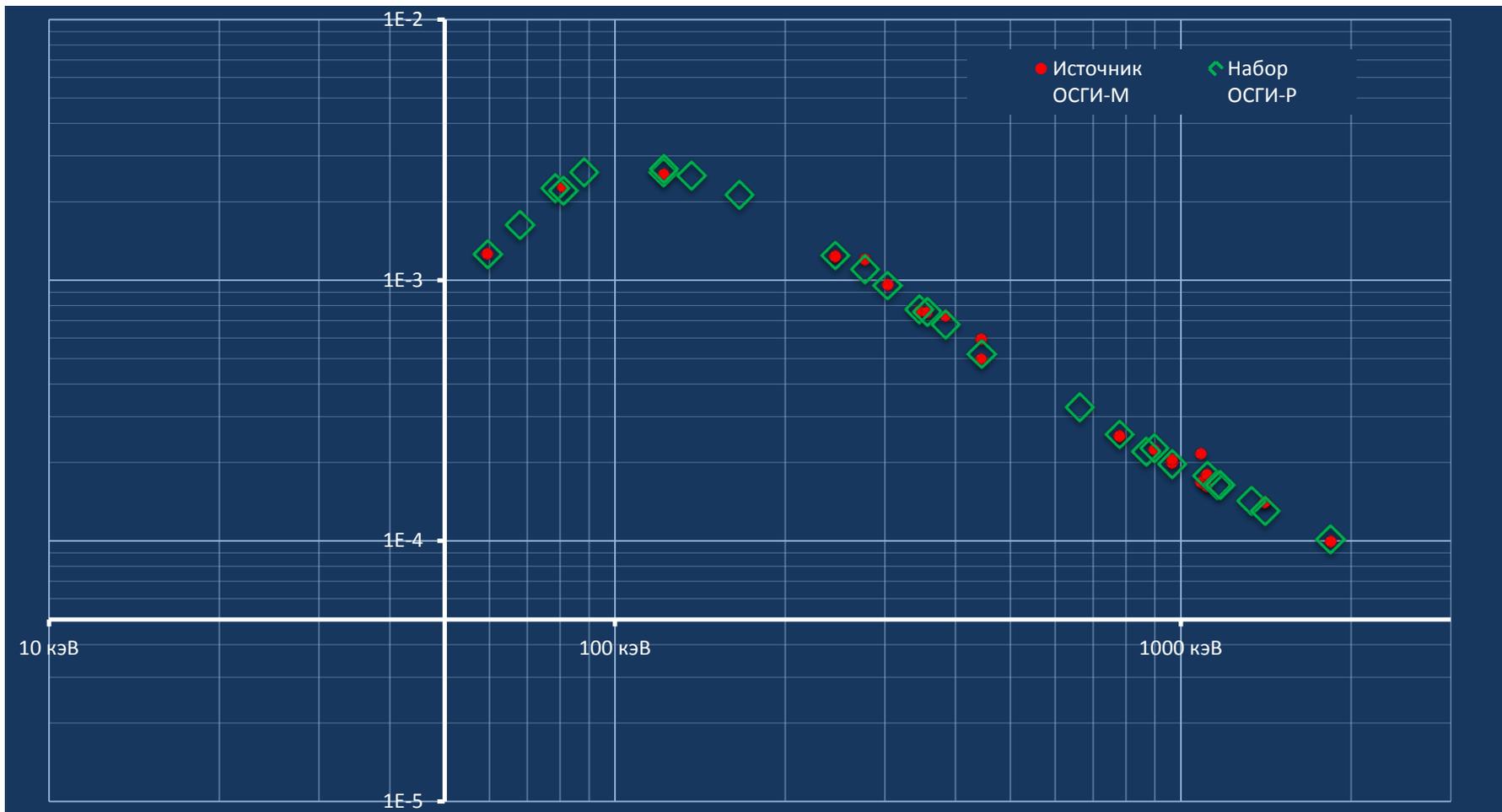
Гамма-спектр источника №2, имитирующего источник №1 через 2 года, с радионуклидным составом: Am-241 (38 кБк), Ba-133 (33 кБк), Eu-152 (36 кБк), Y-88 (3.5 кБк)

Y-88	Am-241	Am-241	Am-241	Am-241	Am-241	Ba-133	Am-241	Ba-133	Ba-133	Eu-152	Eu-152	Eu-152	Ba-133	Am-241
15.80	16.93	17.61	20.80	21.41	26.35	30.97	33.20	35.00	35.82	39.52	40.12	45.41	53.16	59.54
1300	8000	27000	13400	1800	6000	208000	330	38300	7700	50000	87000	26400	5500	93300



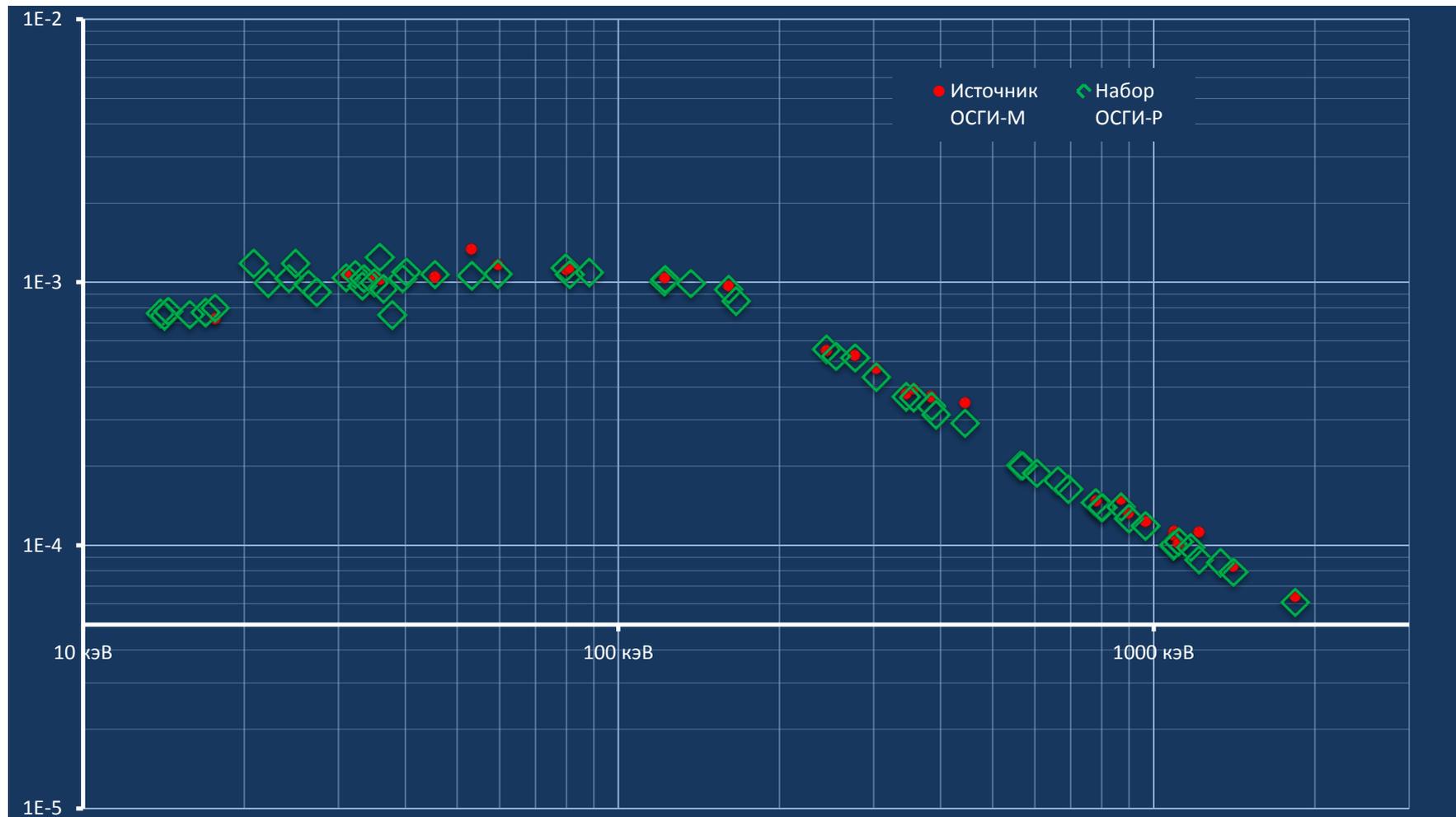
Сравнительные графики кривых эффективностей для спектрометра с ППД Ge-Li

График зависимостей эффективности регистрации гамма-квантов от энергии, построенные при использовании источника ОСГИ-М и набора ОСГИ-Р

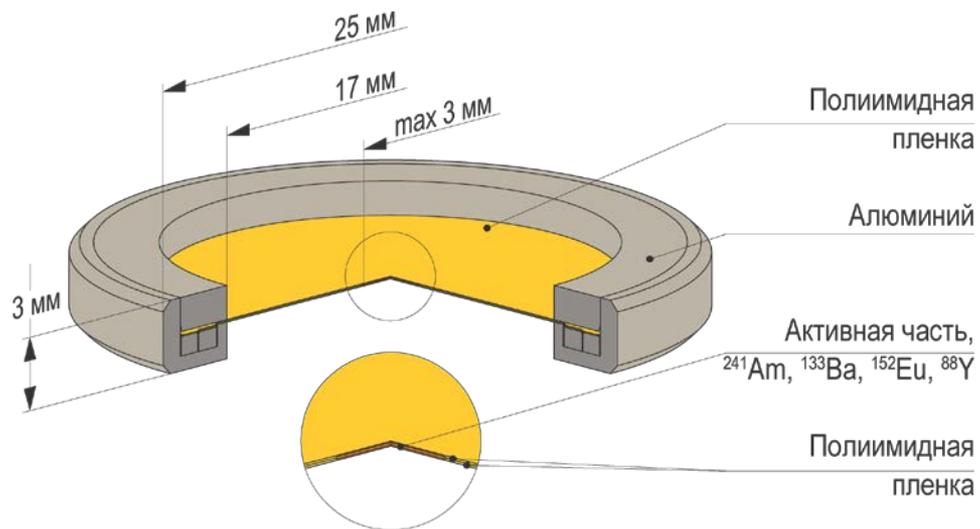


Сравнительные графики кривых эффективностей для спектрометра с ППД ОЧГ

Сравнительный график зависимостей эффективности регистрации гамма-квантов от энергии, построенные при использовании источника ОСГИ-М и набора ОСГИ-Р

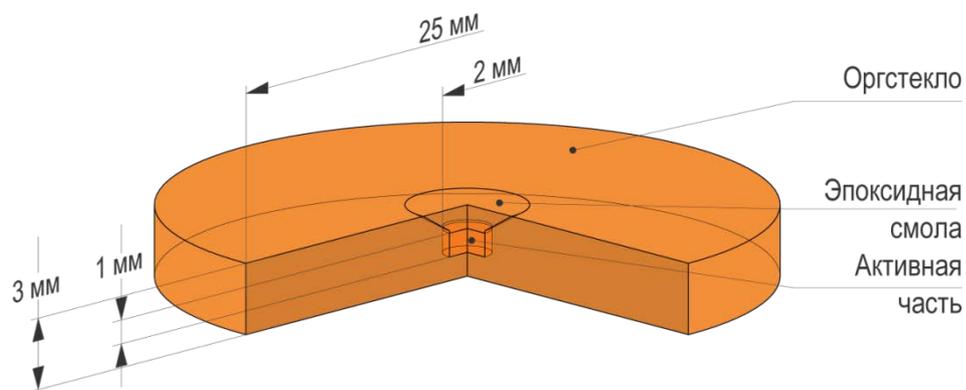


Источники ОСГИ-М и ОСГИ-П



ОСГИ-М

ОСГИ-П





Спасибо за внимание