

Радиоактивная загрязненность сцинтилляционных кристаллов ZnWO_4

П. Бэлли¹, Р. Бернабей¹, Я.В. Васильев², Ю.Я. Востецов³, Е.Н. Галашов², Б.В. Гринев³, Ф.А. Даневич⁴, А.М. Дубовик³, Ф. Каппелла⁵,
А. Инчиккити⁵, В.В. Кобычев⁴, В.М. Мокина⁴, Л.Л. Нагорная³,
С.С. Нагорный⁴, С. Ниси⁶, Ф. Нозоли¹, Д.В. Пода⁴, Д. Проспери⁵,
В.И. Третьак⁴, В.Н. Шлегель², Р. Черулли⁶, С.С. Юрченко⁴

¹*Римский университет “Тор Вергата” и НИЯФ, Рим, Италия*

²*Институт неорганической химии им. А.В. Николаева, Новосибирск, Россия*

³*Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, Харьков, Украина*

⁴*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина*

⁵*Римский университет “Ла Сапиенца” и НИЯФ, Рим, Италия*

⁶*НИЯФ, Национальная Лаборатория Гран Сассо, Асерджи, Италия*



Содержание

- **Поиски 2β -распада и темной материи**

Применение сцинтилляторов $ZnWO_4$

- **Измерения и результаты**

Низкофоновые измерения с $ZnWO_4$

- **Выводы**

ZnWO₄ как детектор 2 β распада и темной материи

Применение ZWO для поиска 2 β -процессов:

[1] *F.A. Danevich et al.*, Instrum. Exp. Tech. 32 (1989) 1059

Поиски 2 β -распада, измерение радиоактивной чистоты ZWO, обсуждение применения ZWO как детектора темной материи:

[2] *F.A. Danevich et al.*, Nucl. Instr. Meth. A 544 (2005) 553

Исследование люминесценции ZWO при низких температурах:

[3] *H. Kraus et al.*, Phys. Lett. B 610 (2005) 37

Поиски 2 β^+ -процессов изотопа ⁶⁴Zn:

$T_{1/2}(2\nu 2K) \geq 6.2 \times 10^{18}$ л., $T_{1/2}(2\nu \{0\nu\}_{\varepsilon\beta^+}) \geq 2.1\{2.2\} \times 10^{20}$ л. с 90% C.L.

[4] *P. Belli et al.*, Phys. Lett. B 658 (2008) 193

Исследования возможности применения ZWO в криогенных экспериментах по поиску частиц темной материи:

[5] *I. Bavykina et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. 55 (2008) 1449

[6] *H. Kraus et al.*, submitted to Nucl. Instr. Meth. A

Разработка для 2 β -экспериментов, исследование радиочистоты:

[7] *L.L. Nagornaya et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. 55 (2008) 1469

Поиски 2 β -процессов в Zn и W; измерение радиочистоты:

$T_{1/2}(0\nu 2\varepsilon) \geq 1.1 \times 10^{20}$ л., $T_{1/2}(0\nu \varepsilon\beta^+) \geq 4.3 \times 10^{20}$ л.,

$T_{1/2}(2\nu \varepsilon\beta^+) \geq 7.0 \times 10^{20}$ л., все с 90% C.L.

[8] *P. Belli et al.*, ROM2F/2008/22; arXiv:0811.2348; submitted to PRC

Образцы ZnWO_4 для исследований радиоактивной загрязненности

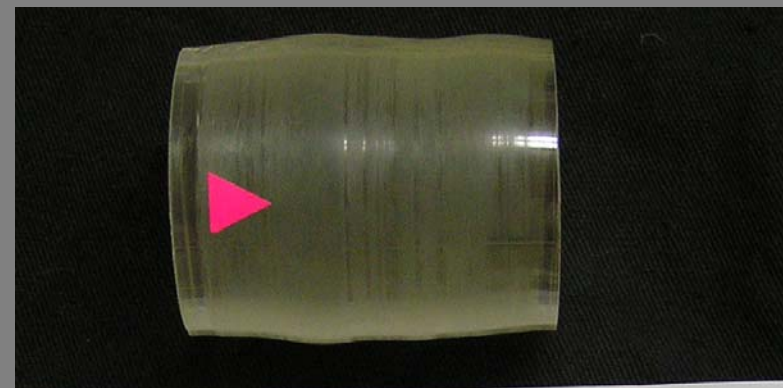


ZnWO_4

Institute of Scintillation Materials NASU

$\varnothing 40 \times 20 \times 18$ mm

$M = 116.5$ g



07 June 2007

ZnWO_4

Institute of Scintillation Materials NASU

$\varnothing 44.4 \times 55.1$ mm

$m = 700.70$ g



ZnWO_4 (Kharkov, Ukraine)

$26 \times 24 \times 24$ mm

119.13 g

ИСМА НАНУ

ZnWO_4 (Russia)

$\varnothing 41 \times 27$ mm

238.72 г

Институт неорганической химии (Новосибирск)



Измерение радиочистоты ZnWO_4 в Солотвинской подземной лаборатории

ZnWO_4 : **26×24×24 мм, 119 г**

Световод: **НР кварц $\varnothing 10 \times 33$ см**

ФЭУ: **5" EMI D724KFLB**

Пассивная защита:

Тефлон (3–5 см), Оргстекло (6–13 см),

Медь высокой чистоты (3–6 см) и свинец (15 см)

Для каждого события записывались:

**Энергия, время прихода и
форма сцинтилляционного сигнала**

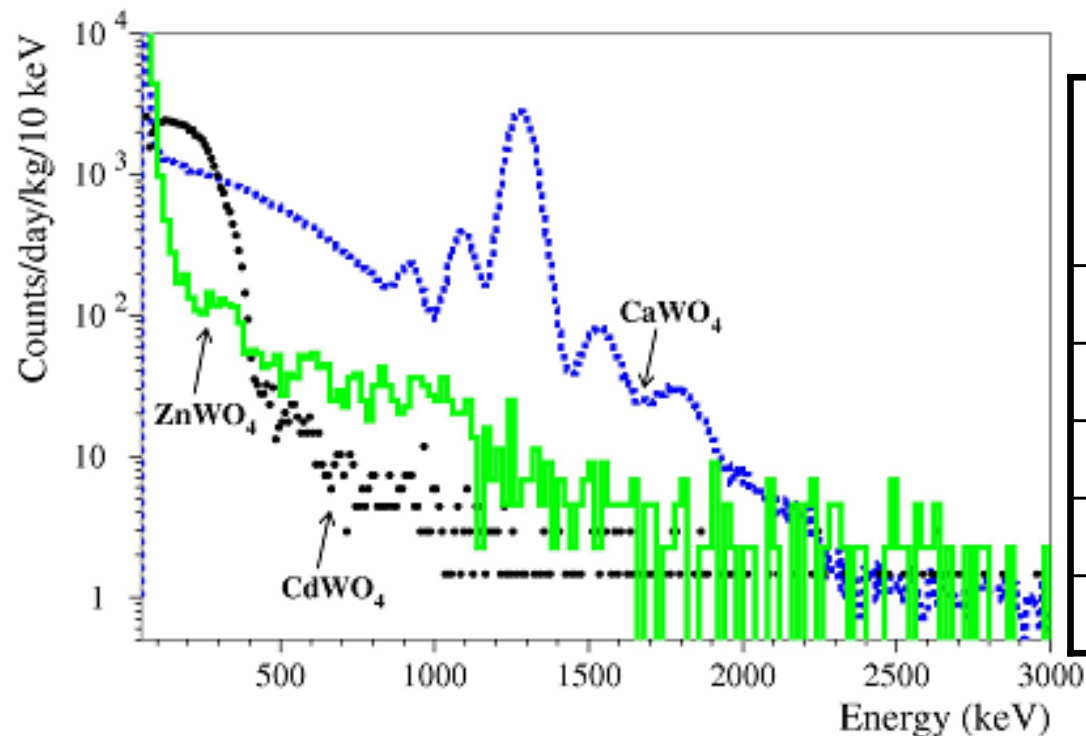
Результаты измерений радиочистоты ZnWO_4 в Солотвинской подземной лаборатории

ZnWO_4 : 26×24×24 мм, 119 г

Время измерений: 44.7 ч.

CaWO_4 (189 г, 1734 ч.)

CdWO_4 (448 г, 37 ч.)



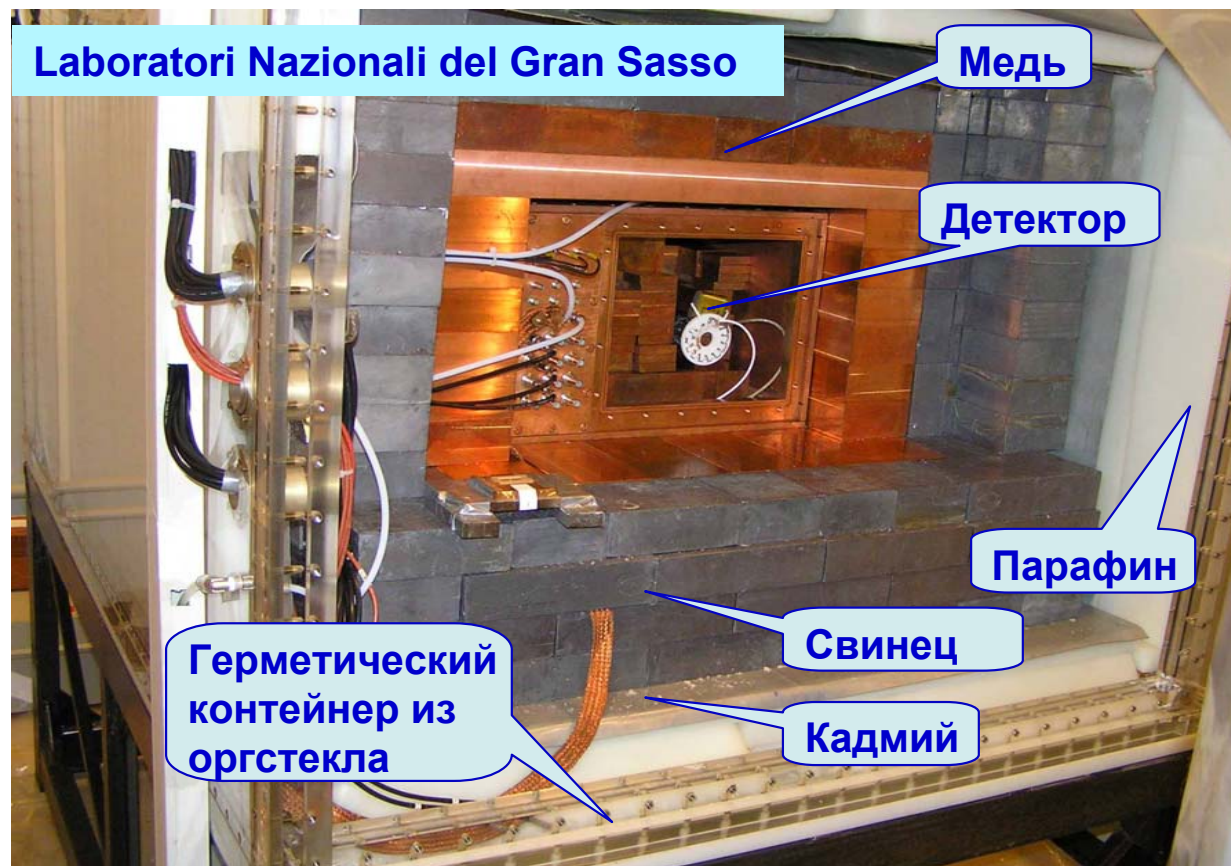
Семейство	Нуклид	Данная работа [1] мБк/кг	ZnWO_4 [2] мБк/кг
^{232}Th	^{228}Th	≤ 0.1	≤ 3.3
^{238}U	^{226}Ra	≤ 0.16	≤ 0.4
Σ α -активность		$2.4(3)$	≤ 20
	^{40}K	≤ 14	≤ 12
	^{137}Cs	≤ 2.5	≤ 20

[1] L.L. Nagornaya et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. 55 (2008) 1469.

[2] F.A. Danevich et al., Nucl. Instr. Meth. A 544 (2005) 553.

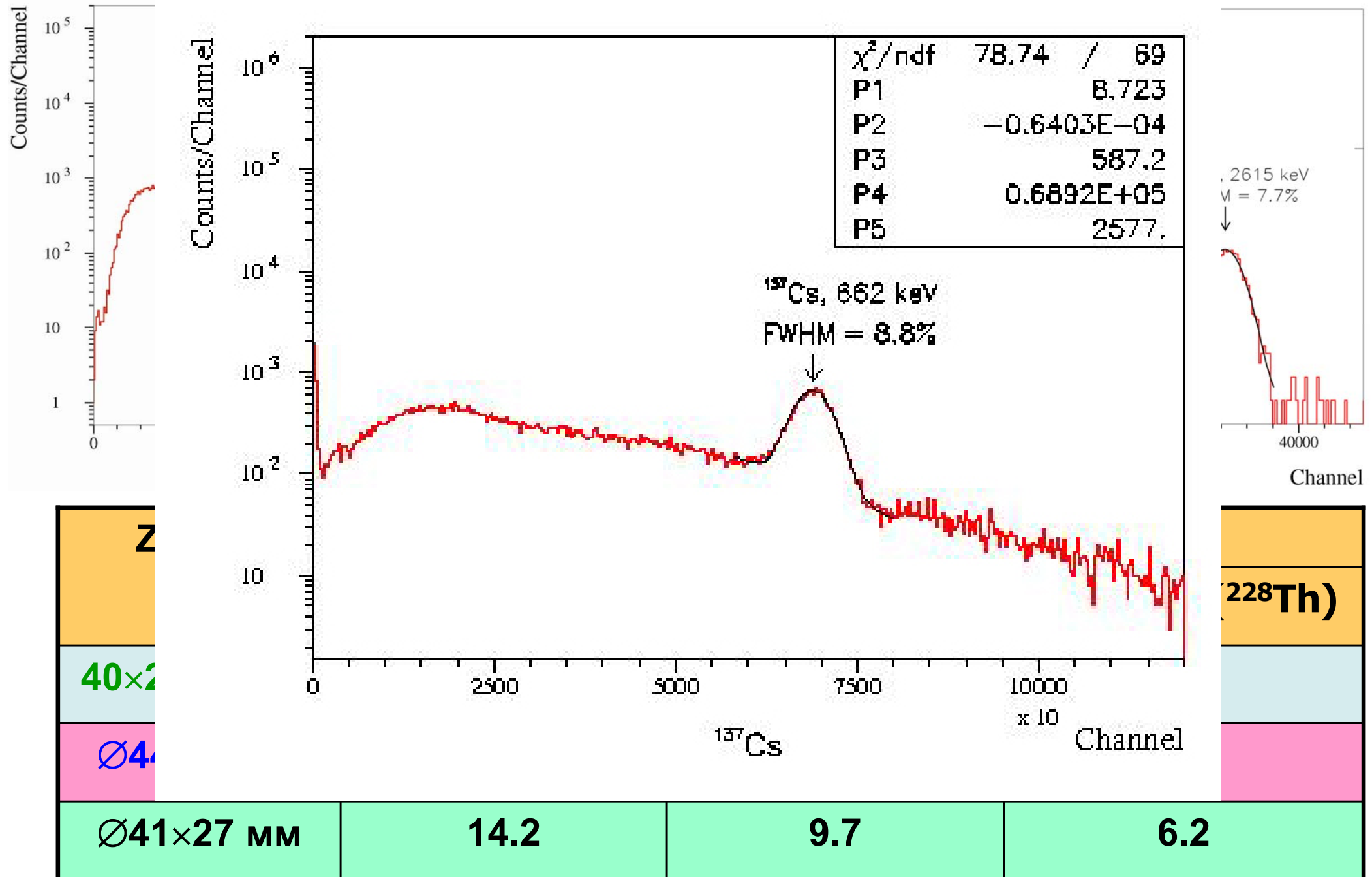
Детектор с ZnWO_4 и низкофоновая установка "DAMA R&D"

Размер, мм	Вес, г	Время измерений, ч.
40×20×18	117	2906
Ø44×55	699	2130
Ø41×27	239	834

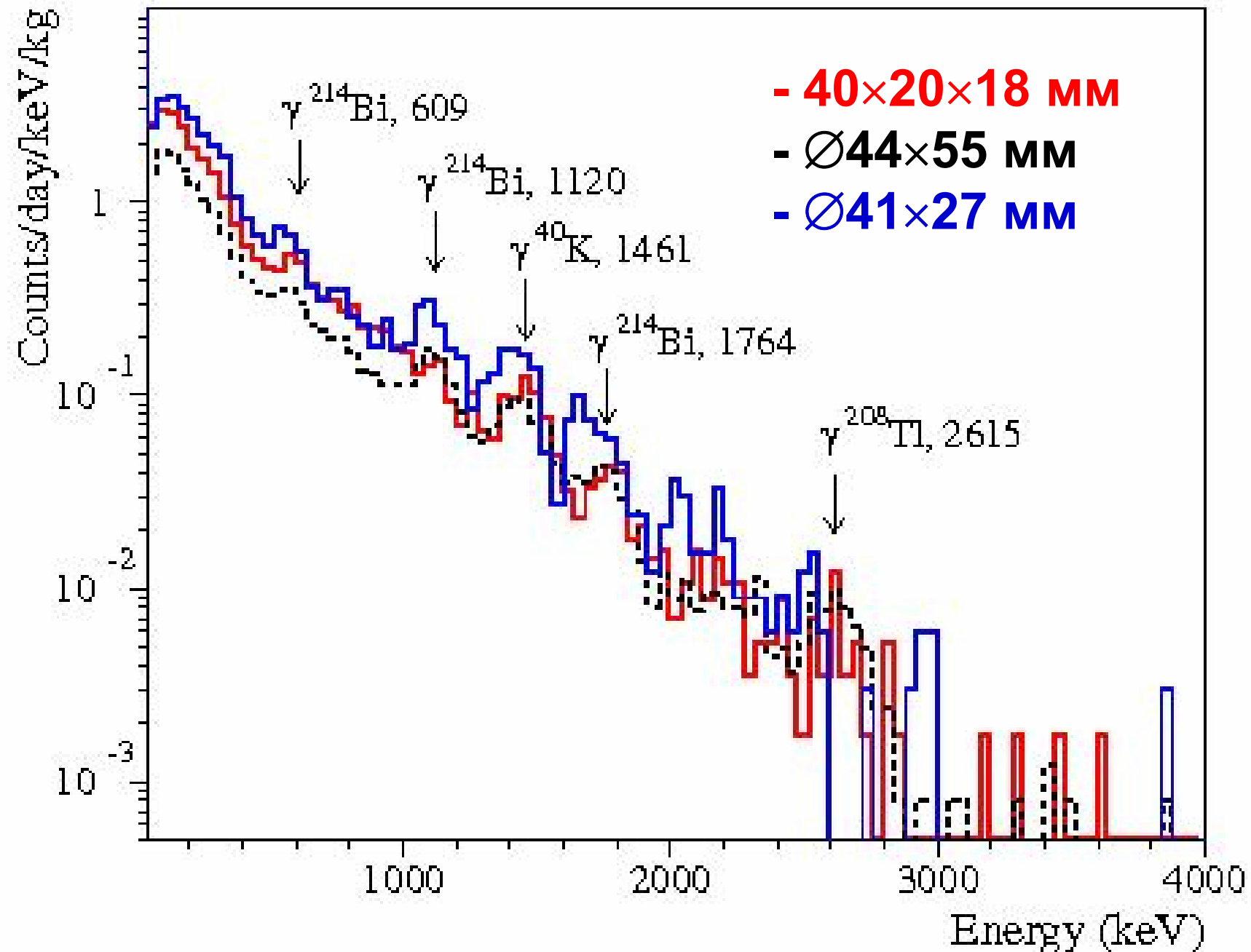


Калибровка γ -квантами

Калибровочные источники: ^{22}Na , ^{131}Ba , ^{137}Cs и ^{228}Th

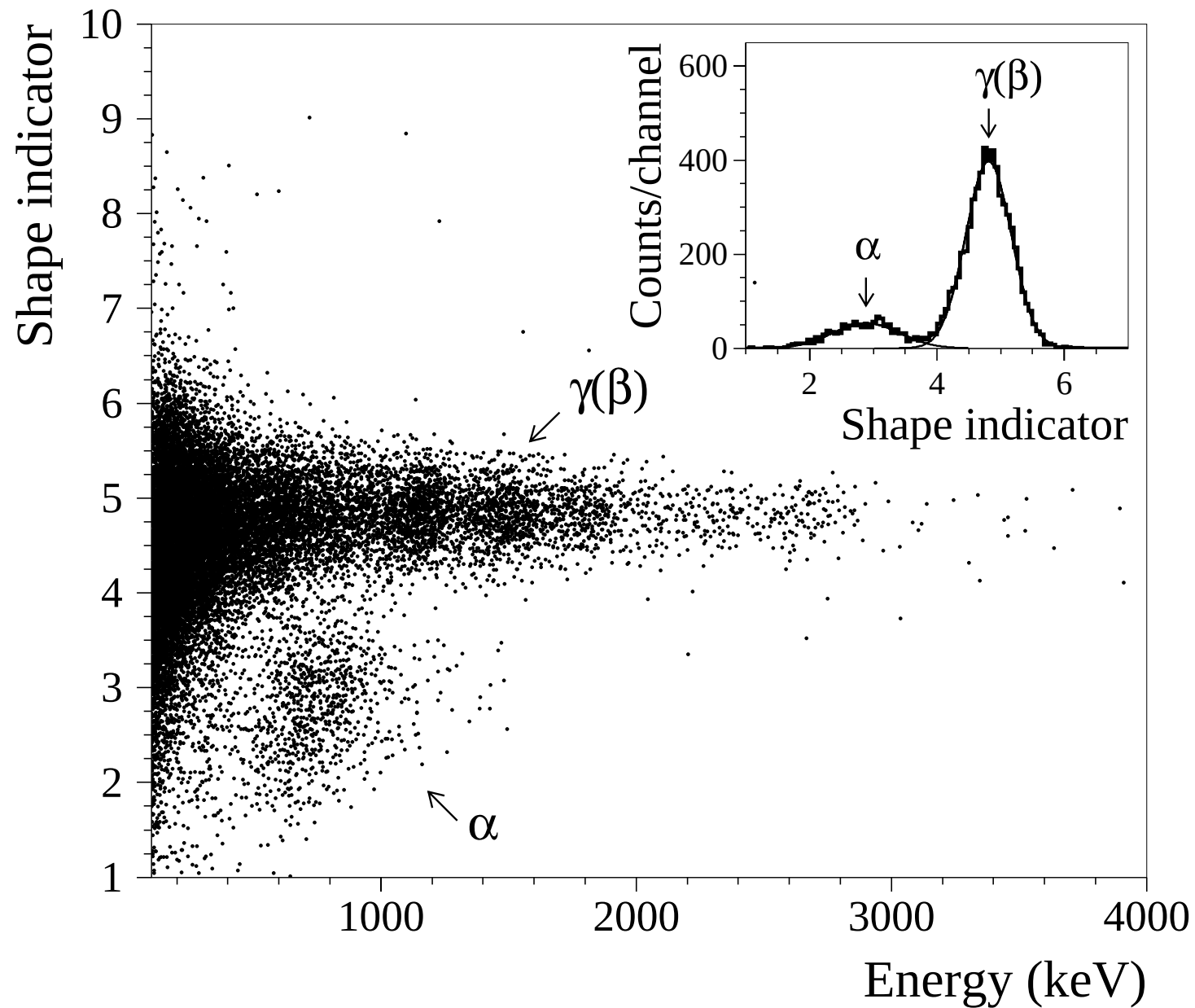


Спектры фона образцов ZnWO_4



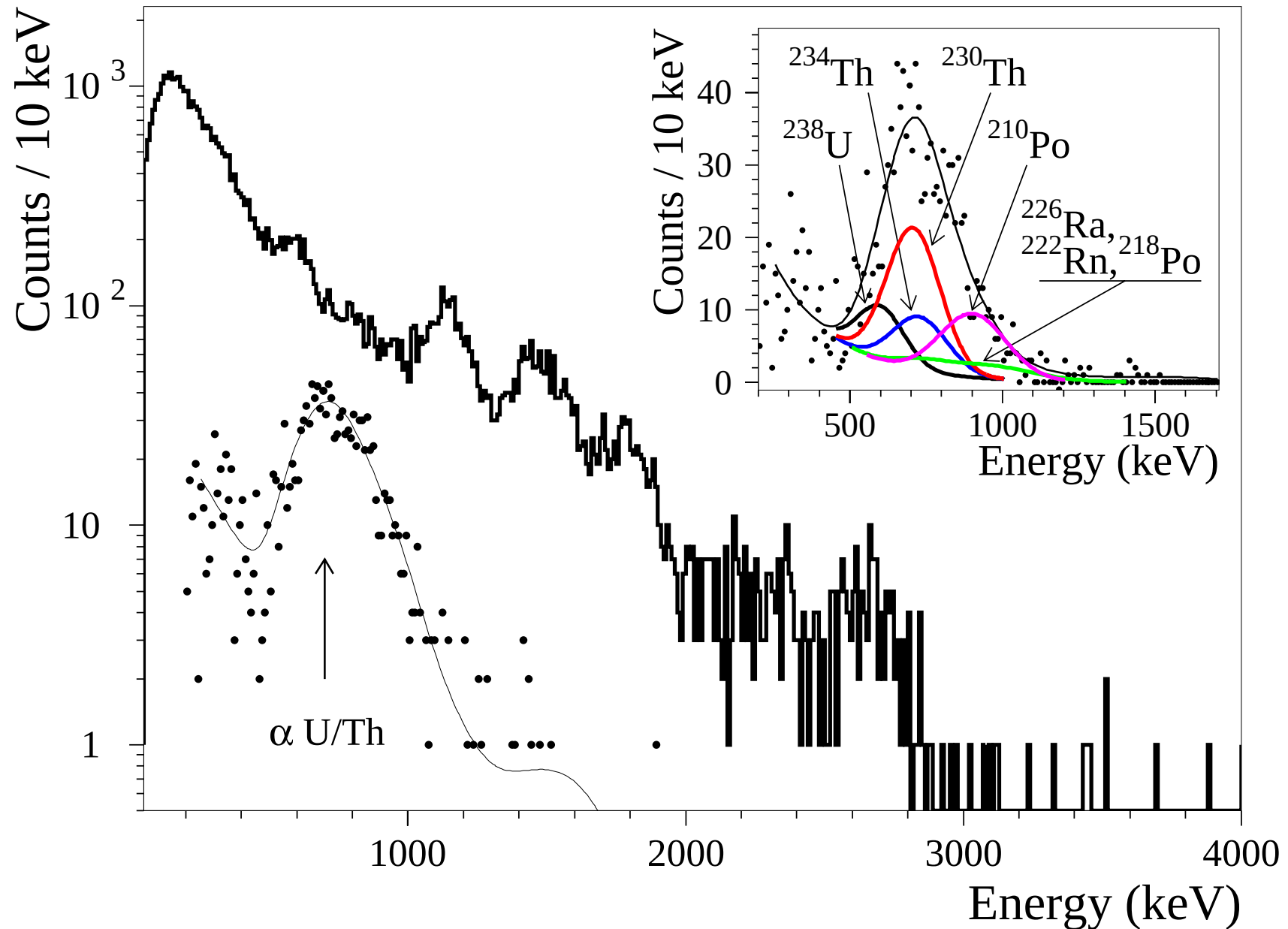
Дискриминация по форме импульса

ZnWO_4 Ø44×55 мм, 700 г, 2130 ч



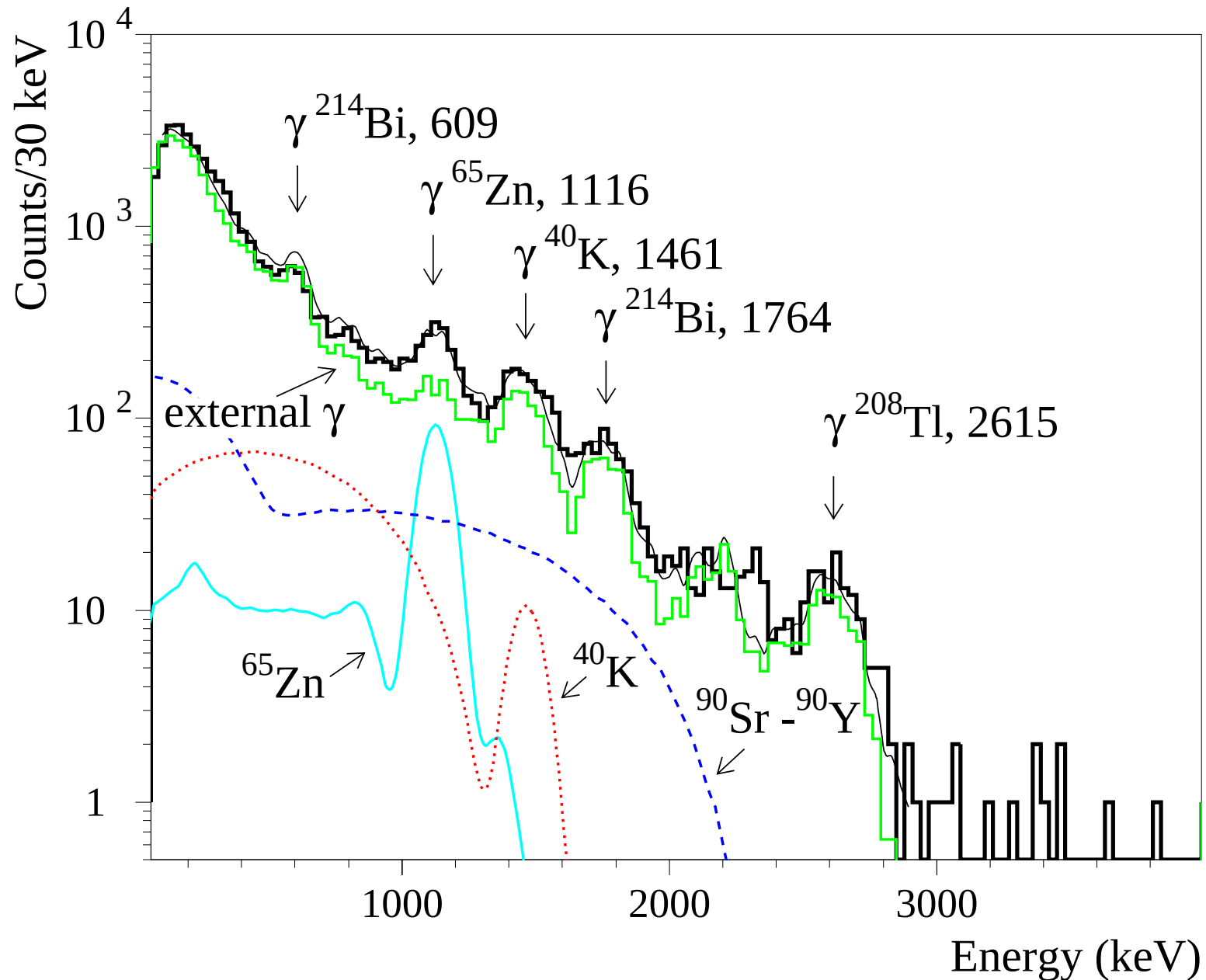
Дискриминация по форме импульса

ZnWO_4 $\varnothing 44 \times 55$ мм, 700 г, 2130 ч



Аппроксимация спектра фона

ZnWO_4 $\varnothing 44 \times 55$ мм, 700 г, 2130 ч



Радиоактивная чистота сцинтилляторов ZnWO₄

Семей- ство	Нуклид	Активность, мБк/кг		
		ZWO 117 г	ZWO 700 г	ZWO 239 г
²³² Th	²³² Th	≤ 0.11^b	≤ 0.1^b	≤ 0.13^b
	²²⁸ Ra	≤ 0.2^a	≤ 0.05^a	≤ 0.04^a
	²²⁸ Th	0.005(3)^c	0.0015(6)^c	0.04(1)^c
²³⁵ U	²²⁷ Ac	≤ 0.007^c	≤ 0.003^c	≤ 0.016^c
²³⁸ U	²³⁸ U	≤ 0.1^b	≤ 0.08^b	≤ 0.03^b
	²³⁰ Th	≤ 0.13^b	≤ 0.07^b	≤ 0.04^b
	²²⁶ Ra	≤ 0.006^b	0.002(1)^b	0.007(7)^b
	²¹⁰ Po	≤ 0.2^b	≤ 0.06^b	≤ 0.54^b
Σ α-активность		0.38(5)^b	0.18(3)^b	0.82(3)^b
	⁴⁰ K	≤ 1^a	≤ 0.4^a	≤ 0.3^a
	⁶⁰ Co	≤ 0.05^a	≤ 0.1^a	≤ 0.1^a
	⁶⁵ Zn	≤ 0.8^a	0.5^a	≤ 1.4^a
	⁸⁷ Rb	1.5^d; ≤ 2.6^a	3.2^d; ≤ 2.3^a	≤ 3.4^a
	⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y	≤ 0.6^a	≤ 0.4^a	≤ 0.3^a
	¹³⁷ Cs	≤ 0.3^a	≤ 0.05^a	≤ 0.4^a
	¹⁴⁷ Sm	≤ 0.01^b	≤ 0.01^b	≤ 0.05^b

^a – Аппроксимация спектра фона;

^b – Дискриминация по форме импульса;

^c – Время-амплитудный анализ;

^d – ICP-MS анализ.

Выводы

- Радиоактивная загрязненность сцинтилляторов ZnWO_4 большого объема (117 г, 119 г, 239 г, и 700 г) измерена в Солотвинской подземной лаборатории (Украина) и в Национальной подземной лаборатории Гран Сассо (Италия)

- ZnWO_4 один из самых чистых неорганических сцинтилляторов с типичным загрязнением на уровне:

50–200 ppb Полная α -активность (^{232}Th)

1.6–6.4 ppb Полная α -активность (^{238}U)

≤ 1.5 ppb (^{40}K)

≤ 0.1 ppb (^{147}Sm)

≤ 3 ppb (^{87}Rb)

≤ 0.01 мБк/кг (^{147}Sm)

≤ 3 мБк/кг (^{87}Rb)

- ZnWO_4 один из лучших сцинтилляционных материалов для поиска 2β -распада и частиц темной материи!!!
 ~ 0.5 мБк/кг (^{65}Zn)

*Благодарю за
Ваше внимание !!!*

