



**ВНИИМ**

ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева"

# Создание неземанирующих точечных источников на основе радионуклида Ra-226 и измерение их активности спектрометрическим методом

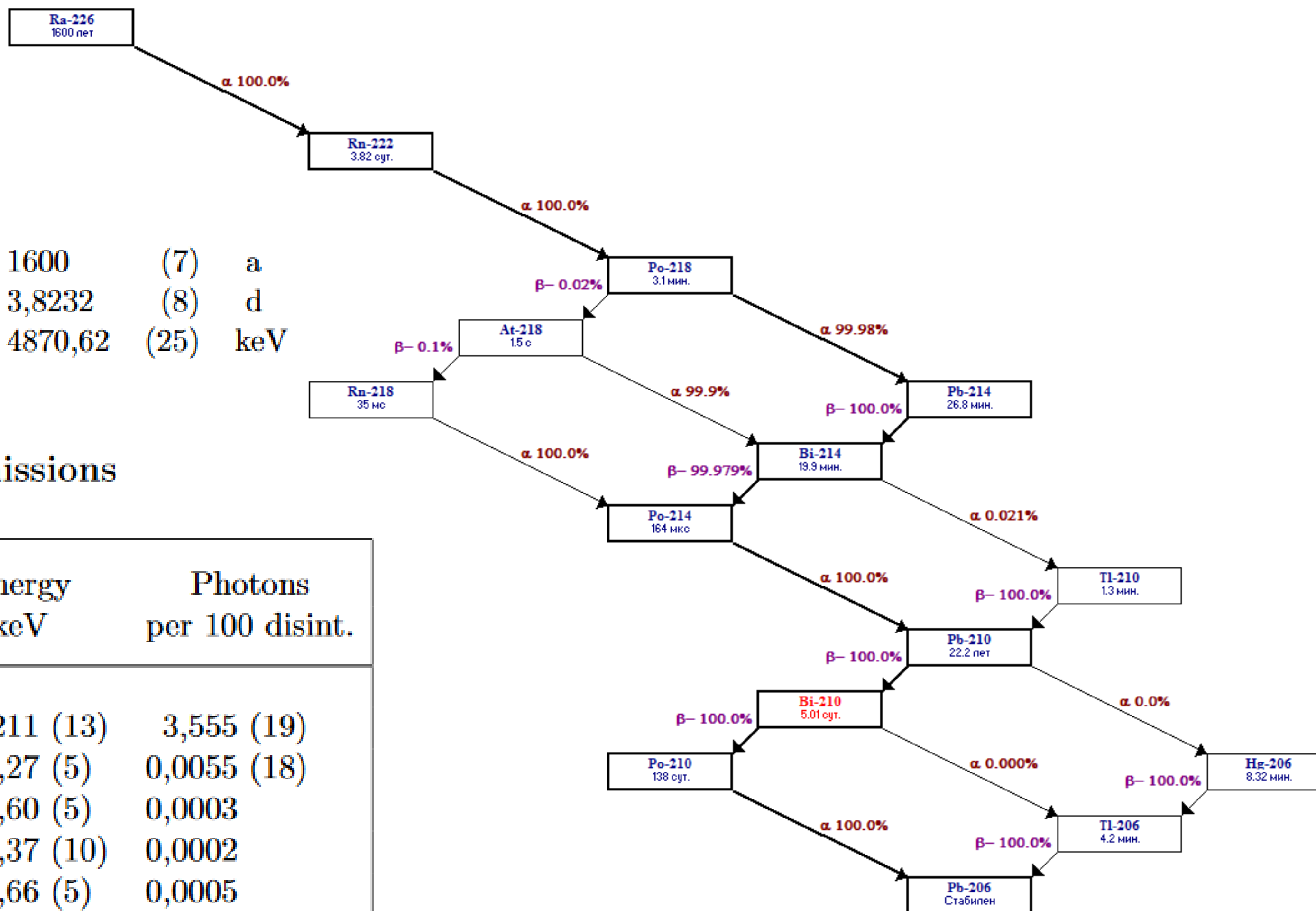
Алексеев И.В., Жуков Г.В., Колодка А.А., Сэпман С.В., Терещенко Е.Е.

Санкт-Петербург,  
2019



[www.vniim.ru](http://www.vniim.ru)

# Схема цепочки ядерных превращений в радиоактивном ряду Ra-226



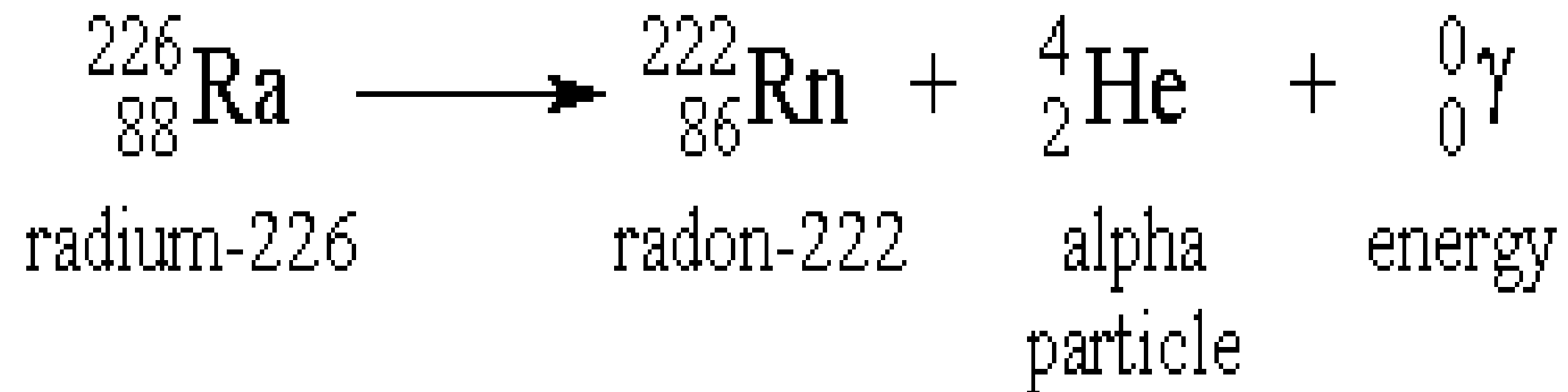
## Nuclear Data

$T_{1/2}({}^{226}\text{Ra})$  : 1600 (7) a  
 $T_{1/2}({}^{222}\text{Rn})$  : 3,8232 (8) d  
 $Q^\alpha({}^{226}\text{Ra})$  : 4870,62 (25) keV

## Gamma Emissions

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{1,0}(\text{Rn})$	186,211 (13)	3,555 (19)
$\gamma_{2,1}(\text{Rn})$	262,27 (5)	0,0055 (18)
$\gamma_{3,1}(\text{Rn})$	414,60 (5)	0,0003
$\gamma_{4,1}(\text{Rn})$	449,37 (10)	0,0002
$\gamma_{3,0}(\text{Rn})$	600,66 (5)	0,0005

# Почему невозможно измерять активность Ra-226 штатными абсолютными методами.



# Последние международные сличения эталона массы радия.

*Metrologia* 25, 239–240 (1988)

*Short Communication*

## Intercomparison of the Radium Mass Standards of the UK and the USSR

P. Christmas and P. Cross

National Physical Laboratory, Teddington, UK

E. S. Gubkin, E. A. Holnova and M. F. Yudin

D. I. Mendeleev All-Union Scientific Research Institute, Leningrad, USSR

Received: September 20, 1988

# Standardization of $^{226}\text{Ra}$ radionuclide solutions

N.I. Karmalitsyn\*, S.V. Sepman, I.A. Kharitonov

*VNIIM, 19 Moskovsky pr., St. Petersburg, Russian Federation*

---

## Abstract

$^{226}\text{Ra}$  reference solutions with radium masses ranging from 0.1 to 5000 ng have found numerous applications in solving a number of metrological problems in the field of environmental control, etc. Methods and equipment are described which are employed to calibrate  $^{226}\text{Ra}$  solutions when certifying them as reference standards of the radium mass unit (standard source No. 5427 prepared by O. Honigschmid).

# Измерение активности радионуклида Ho-166m абсолютным методом.

*Appl. Radiat. Isot.* Vol. 40, No. 9, pp. 789-792, 1989  
*Int. J. Radiat. Appl. Instrum. Part A*  
Printed in Great Britain

0883-2889/89 \$3.00 + 0.00  
Pergamon Press plc

## Methods of Producing Radionuclides for Spectrometric Gamma-ray Sources and their Standardization—3. Holmium-166m

V. N. DANILENKO,<sup>1</sup> N. P. GROMOVA,<sup>2</sup> A. A. KONSTANTINOV,<sup>3</sup>  
N. V. KURENKOV,<sup>2</sup> A. B. MALININ,<sup>2</sup> A. V. MAMELIN,<sup>4</sup> S. V. MATVEEV,<sup>1</sup>  
T. E. SAZONOVA,<sup>3</sup> E. K. STEPANOV,<sup>1</sup> S. V. SEPMAN,<sup>3</sup> YU. G. TOPOROV<sup>4</sup>  
and I. N. TRONOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Union Research Institute of Physico-Technical and Radiotechnical Measurements, Mendeleevo, Moskovskaya obl., U.S.S.R., <sup>2</sup>Institute of Biophysics, Ministry of Health, 123182, Moscow, U.S.S.R.,

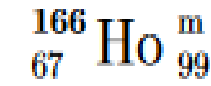
<sup>3</sup>D. I. Mendeleev All-Union Scientific Research Institute of Metrology, Leningrad, U.S.S.R. and

<sup>4</sup>Research Institute of Atomic Reactors, Dimitrovgrad, U.S.S.R.

(Received 25 January 1989)

# Схема ядерно-физических переходов радионуклида Ho-166m

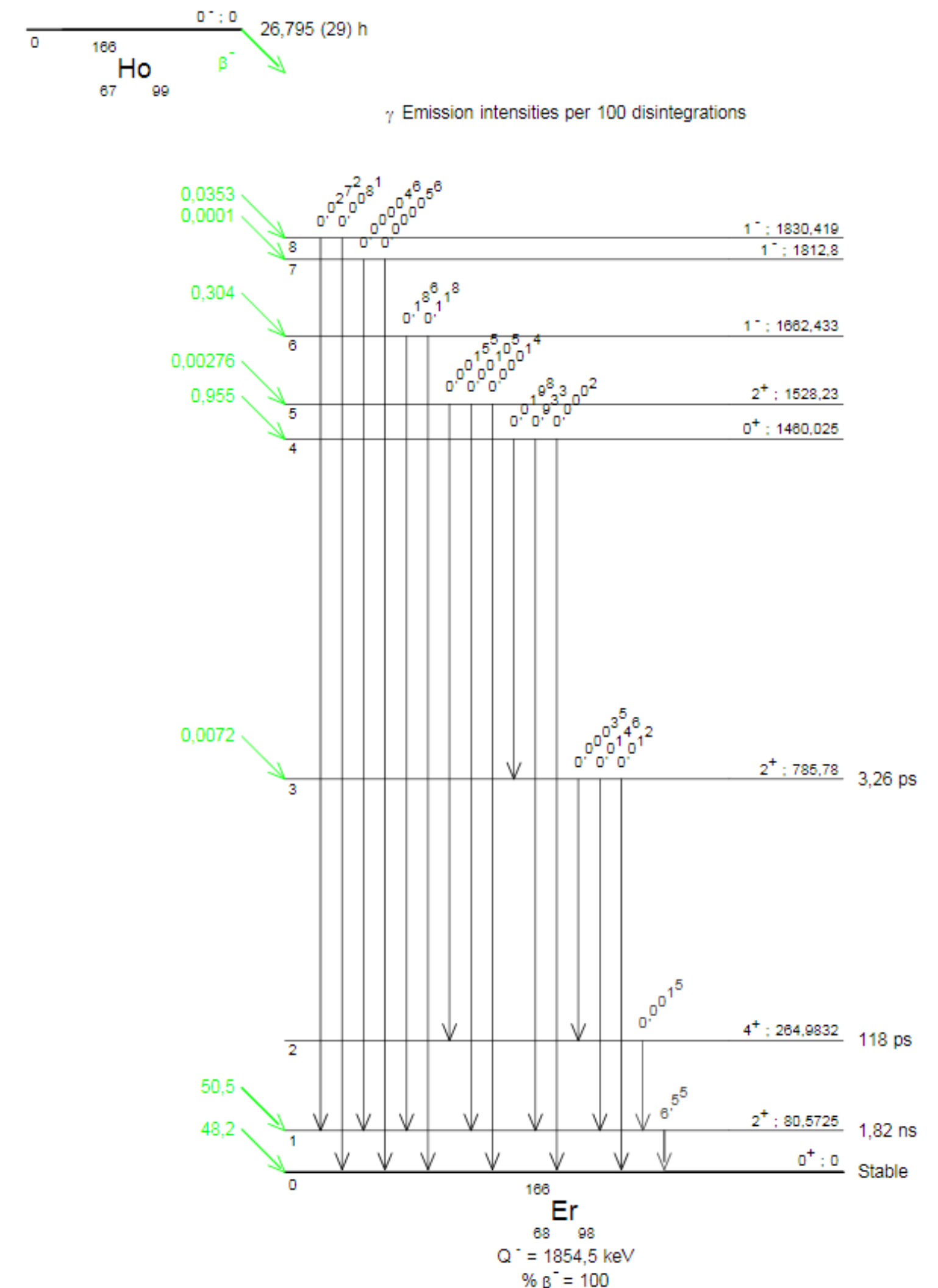
LNE – LNHB/CEA Table de Radionucléides



	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{10,9}(\text{Er})$	160,039 (7)	0,097 (5)
$\gamma_{17,14}(\text{Er})$	161,76 (3)	0,109 (4)
$\gamma_{2,1}(\text{Er})$	184,4107 (11)	72,5 (3)

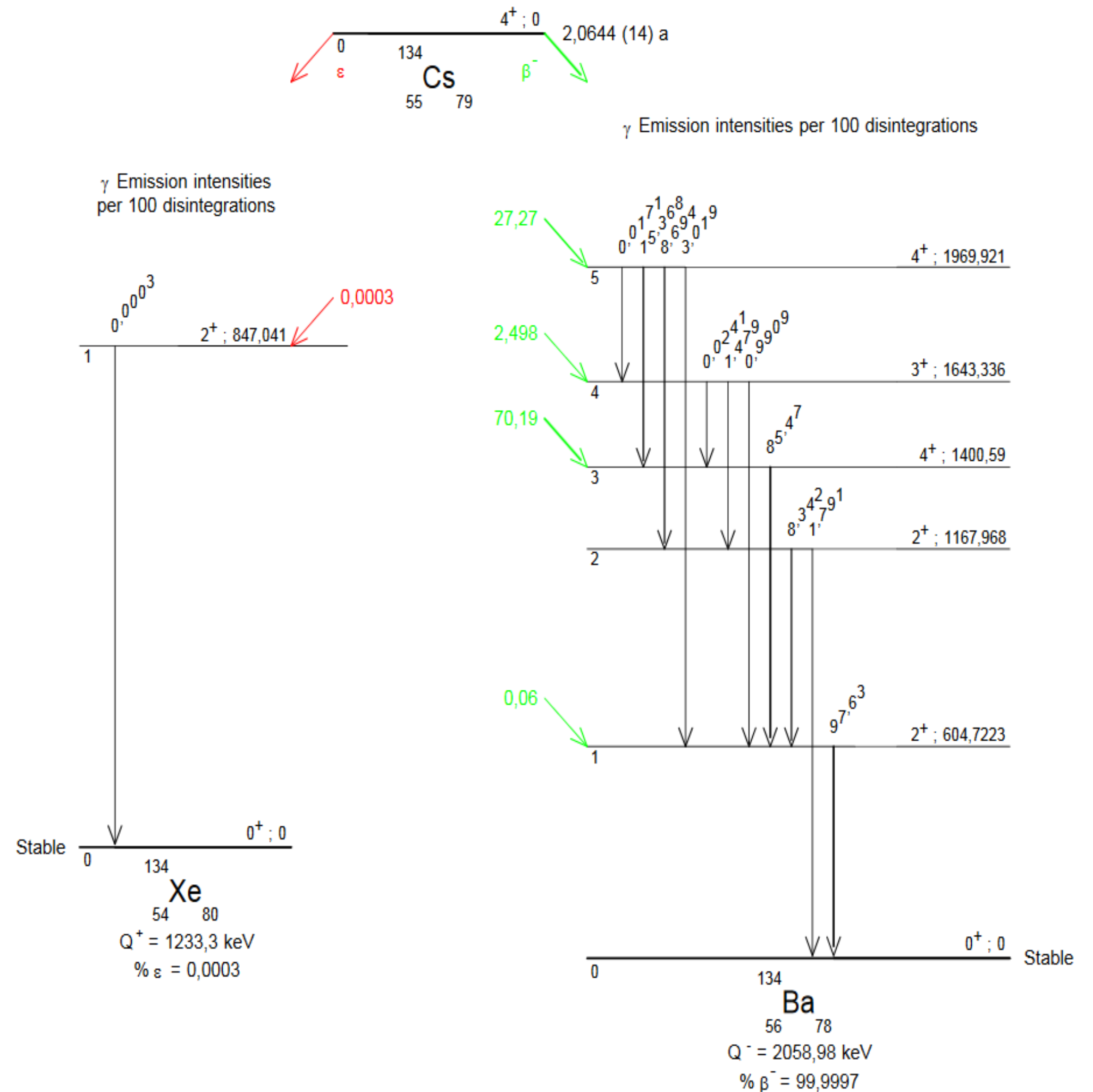
## Standardization of ${}^{166m}\text{Ho}$

The absolute activity of the  ${}^{166m}\text{Ho}$  was measured using extrapolation of the  $4\pi(\beta, e)\text{-}\gamma$  coincidences (Danilenko *et al.*, 1989). The maximum values of the  $\beta$ -ray detection efficiencies of the proportional  $4\pi$ -counter reached 95%. The emission was detected in the integral mode with a discrimination level of 0.1 keV. The  $\gamma$ -rays were detected in the differential mode within the energy range (650–900) keV, which ensured the minimum slope of the extrapolation curve which, in this region, has a linear character. The total error in the measurements of the  ${}^{166m}\text{Ho}$  activity amounted to 0.7% for a 95% confidence level.



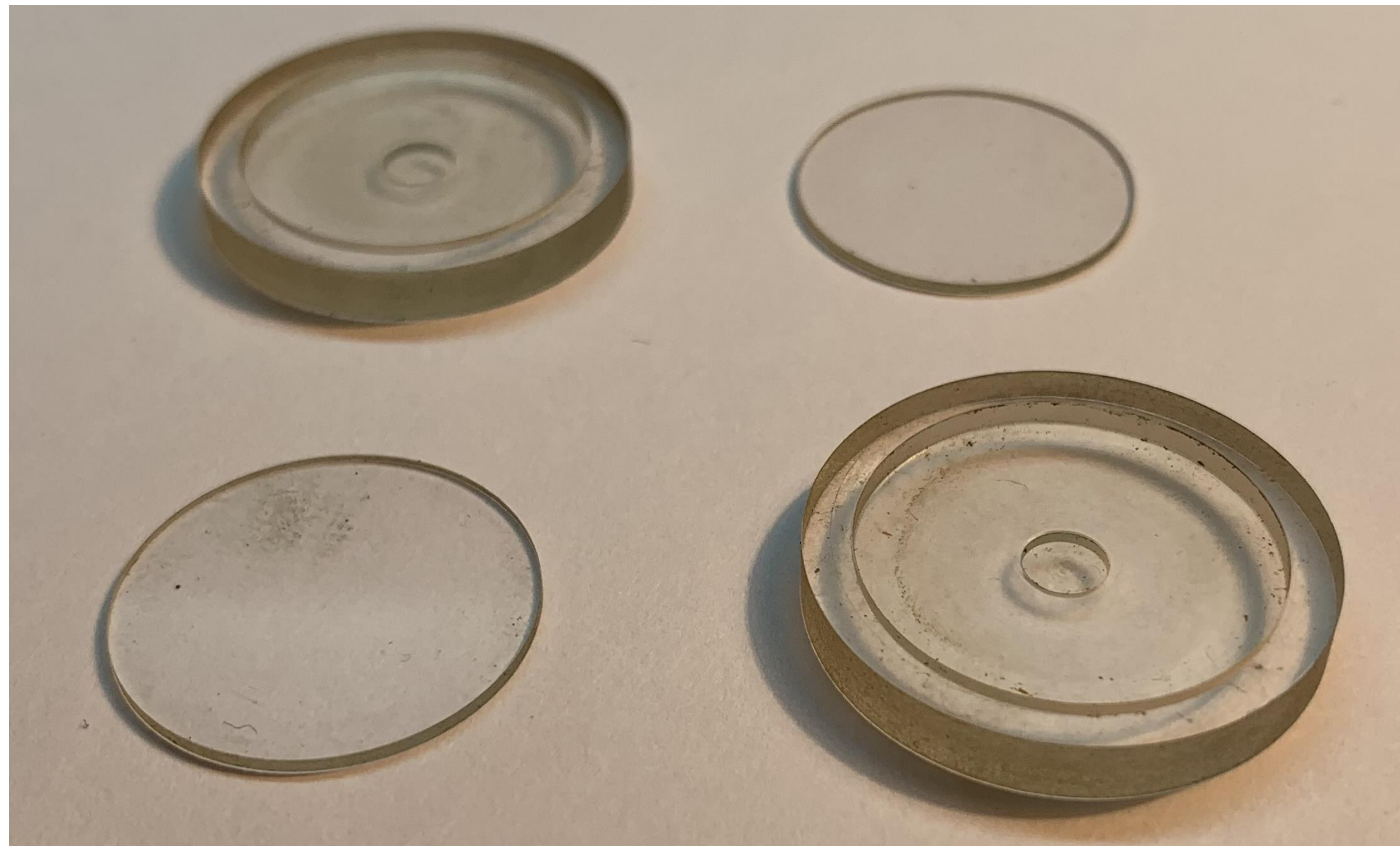
# Схема ядерно-физических переходов радионуклида Cs-134

	Energy keV	Photons per 100 disint.
$\gamma_{4,3}(\text{Ba})$	242,76 (5)	0,0241 (31)
$\gamma_{5,4}(\text{Ba})$	326,585 (14)	0,0171 (11)
$\gamma_{4,2}(\text{Ba})$	475,365 (2)	1,479 (7)
$\gamma_{2,1}(\text{Ba})$	563,246 (3)	8,342 (15)
$\gamma_{5,3}(\text{Ba})$	569,330 (2)	15,368 (21)
$\gamma_{1,0}(\text{Ba})$	604,720 (3)	97,63 (8)
$\gamma_{3,1}(\text{Ba})$	795,86 (1)	85,47 (9)
$\gamma_{5,2}(\text{Ba})$	801,950 (6)	8,694 (16)
$\gamma_{4,1}(\text{Ba})$	1038,605 (8)	0,9909 (33)
$\gamma_{2,0}(\text{Ba})$	1167,967 (4)	1,791 (5)
$\gamma_{5,1}(\text{Ba})$	1365,194 (4)	3,019 (8)

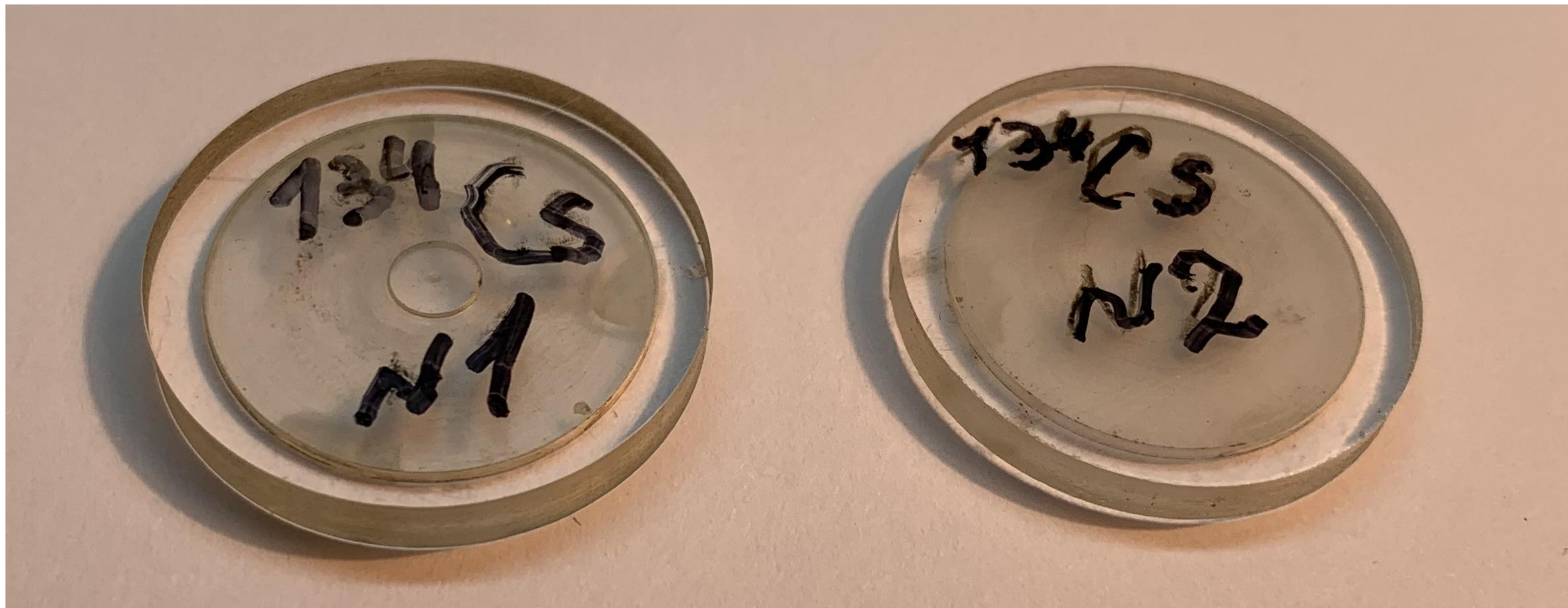




## Конструктивы для неэманлирующих источников ВНИИМ



## Эталонные источники с радионуклидом Cs-134



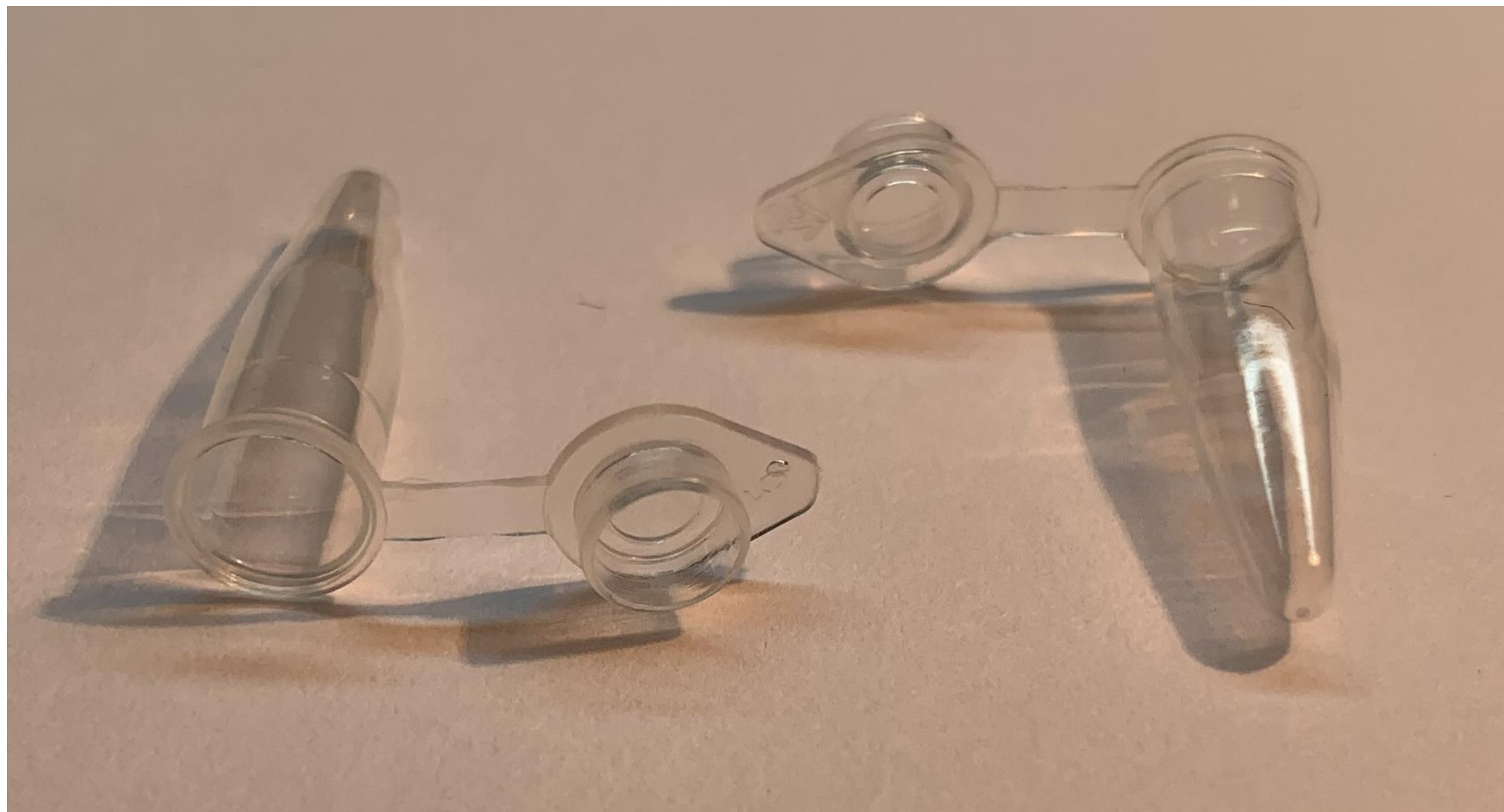
Эталонные источники с радионуклидом Но-166m



## Неэманлирующие источники Ra-226



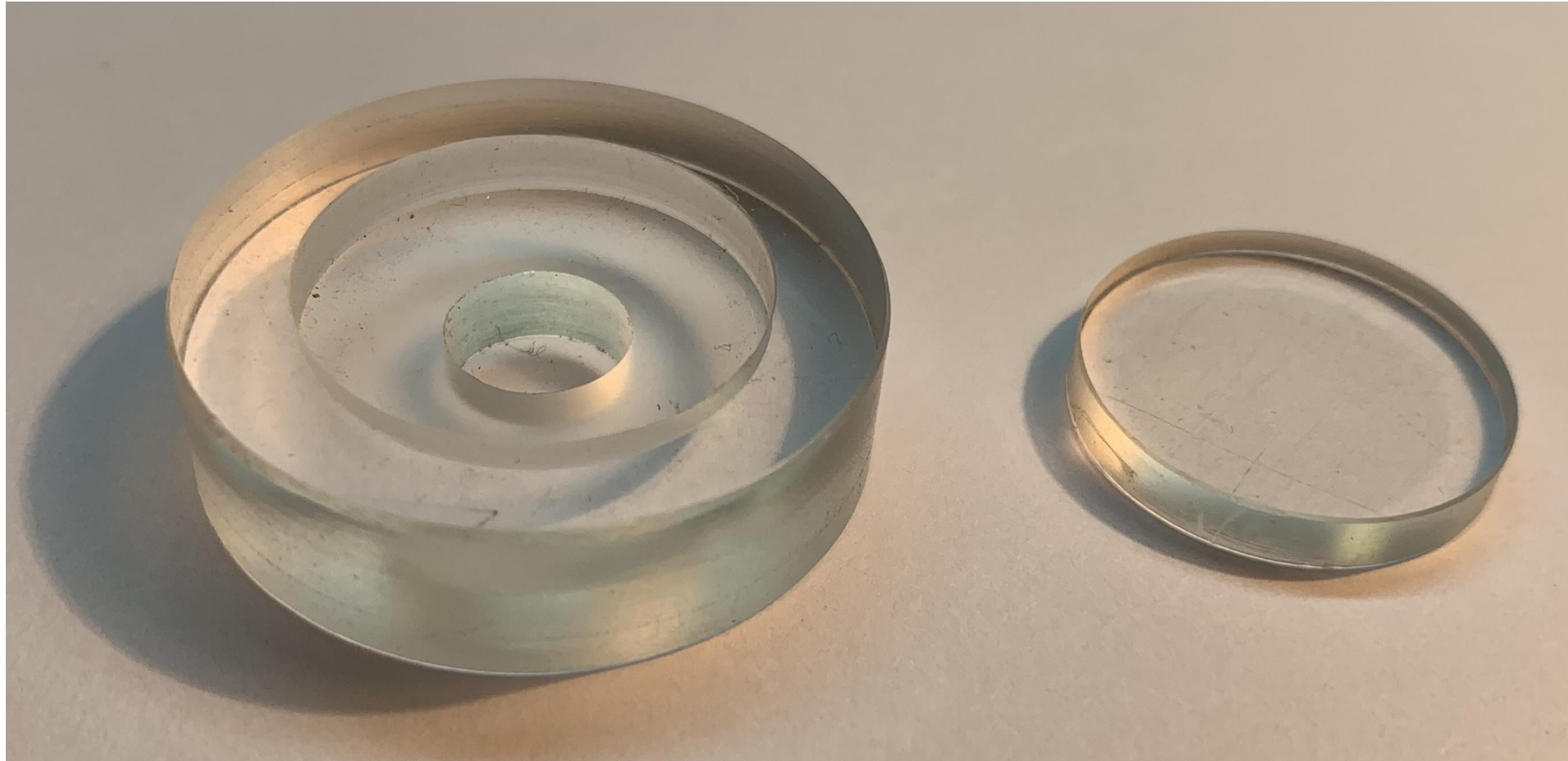
# Микропрбирки «Эппендорф», объёмом 0,25мл.



# Эппендорфы с раствором радионуклида Ra-226



# Конструктив для незманирующего источника Ra-226 из LNHВ (Франция)

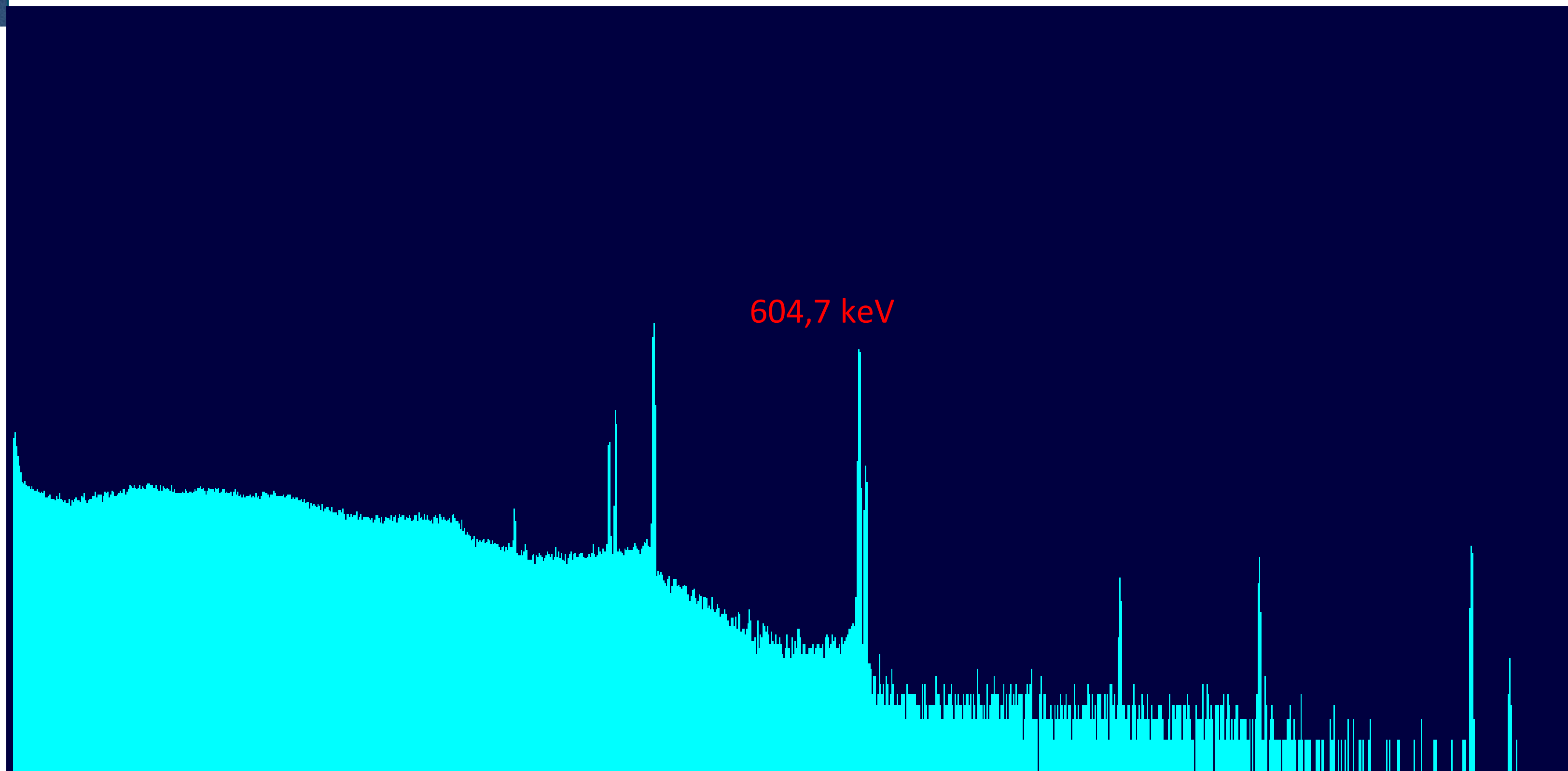


# Конструктивы ОСГИ-П производства АО «РИТВЕРЦ»

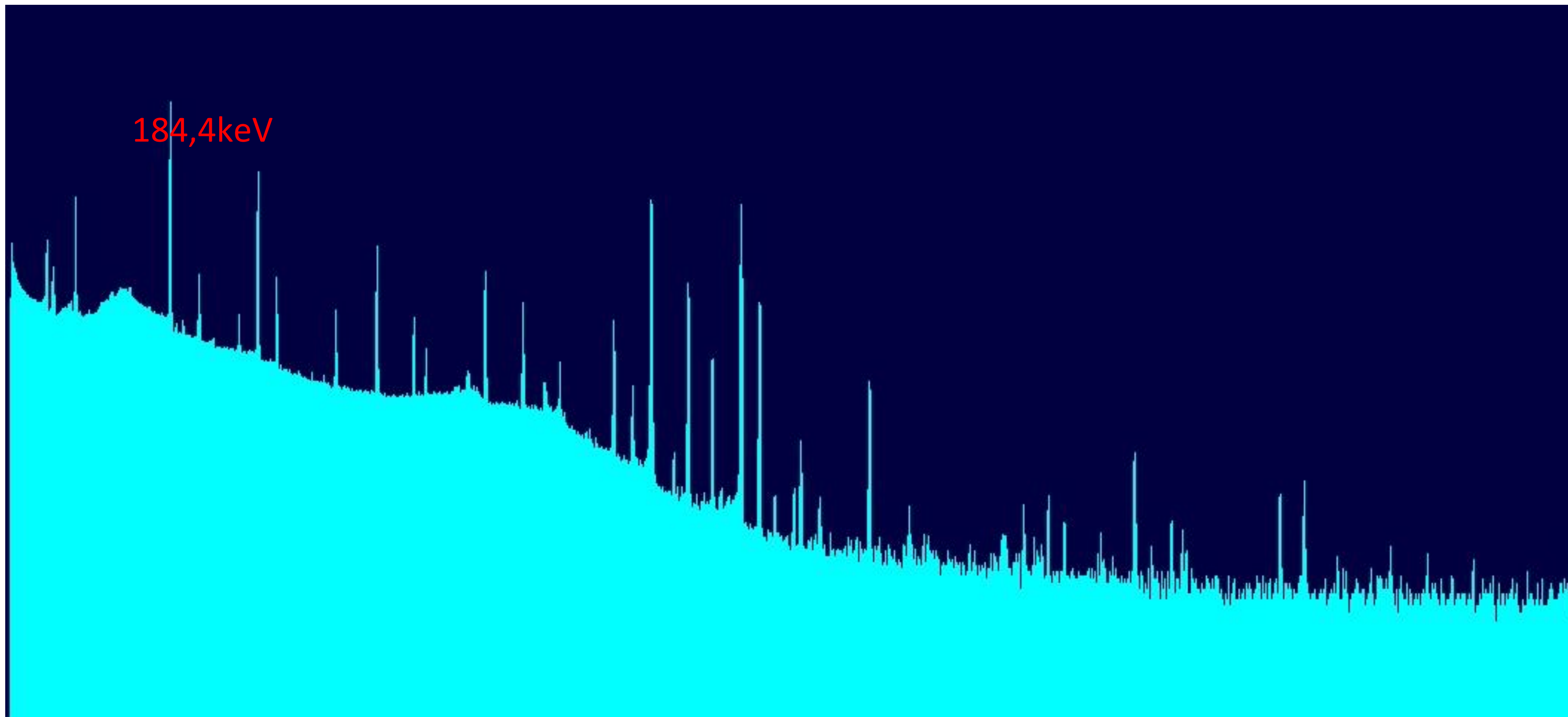




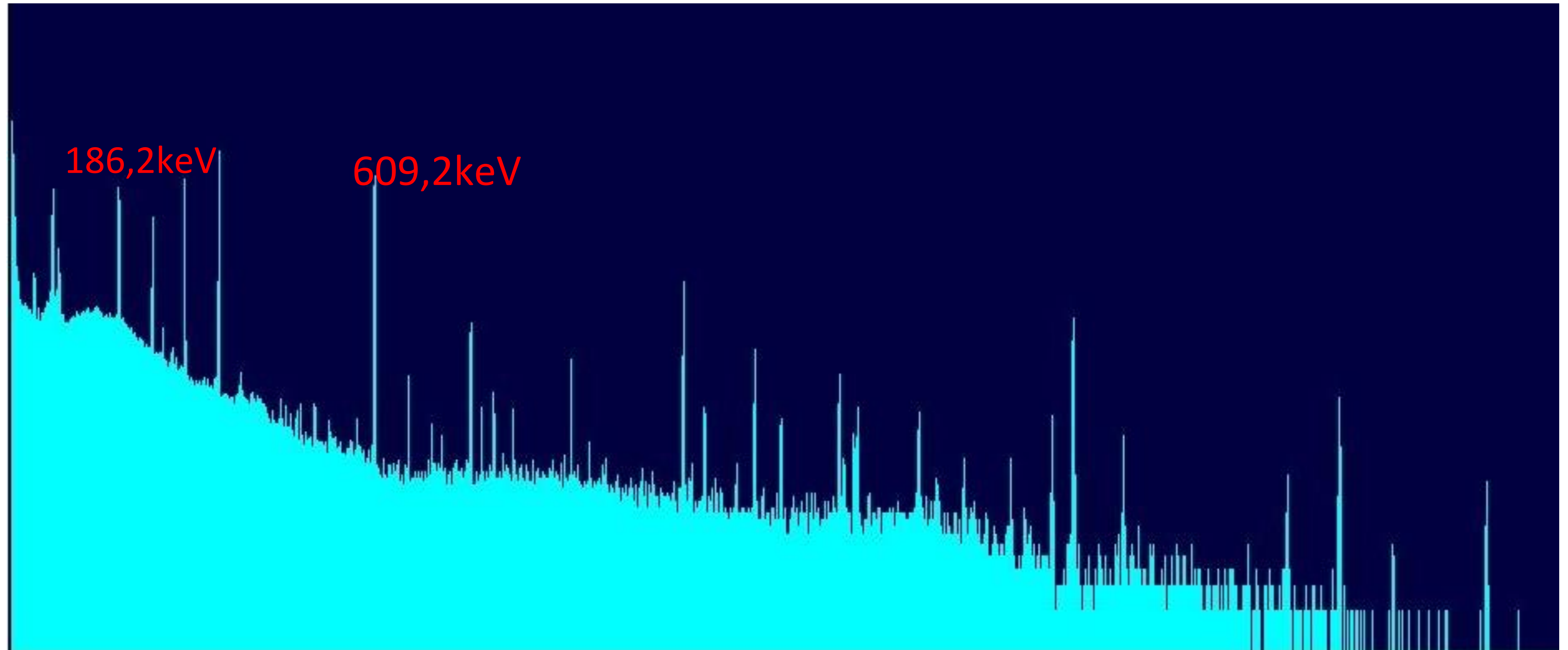
# Спектр Cs-134 № 1



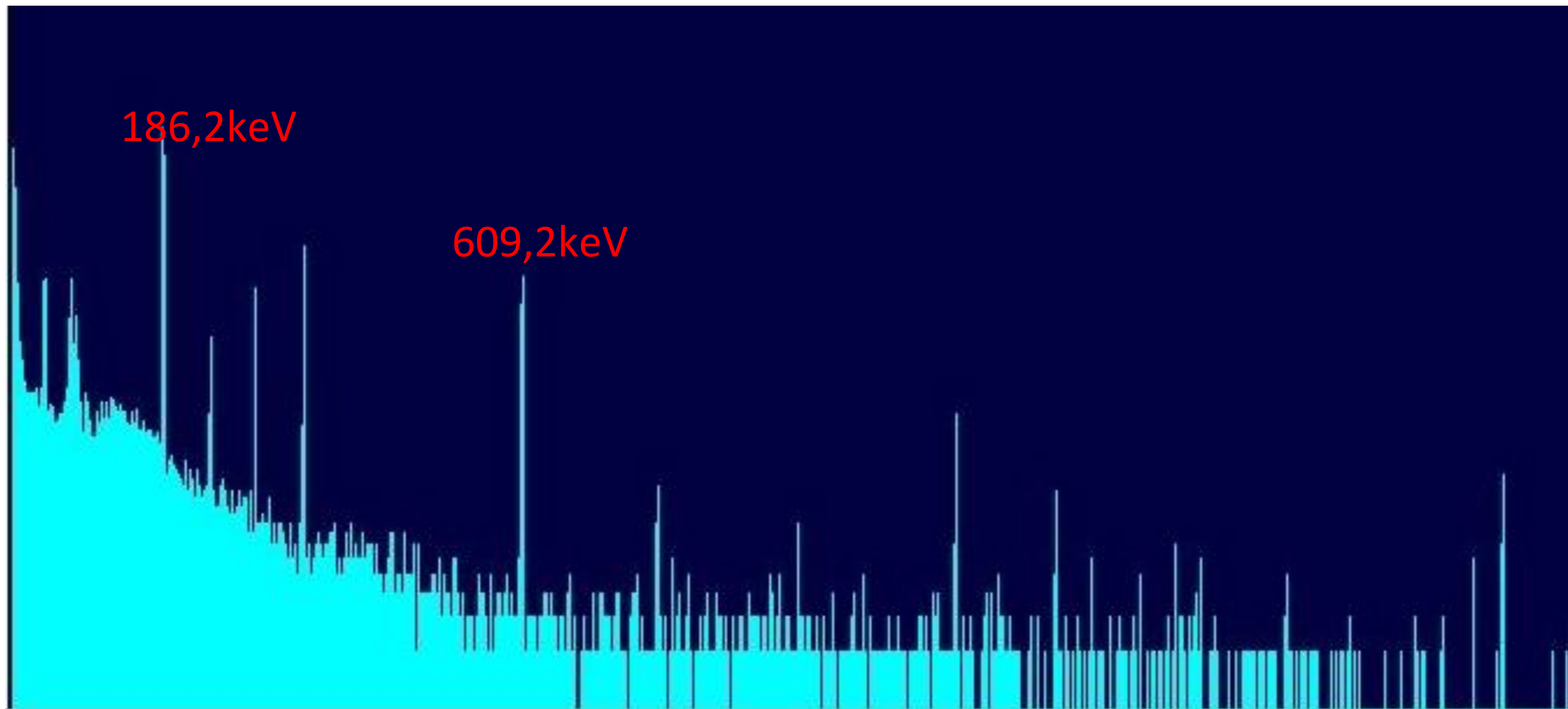
# Спектр Ho-166m



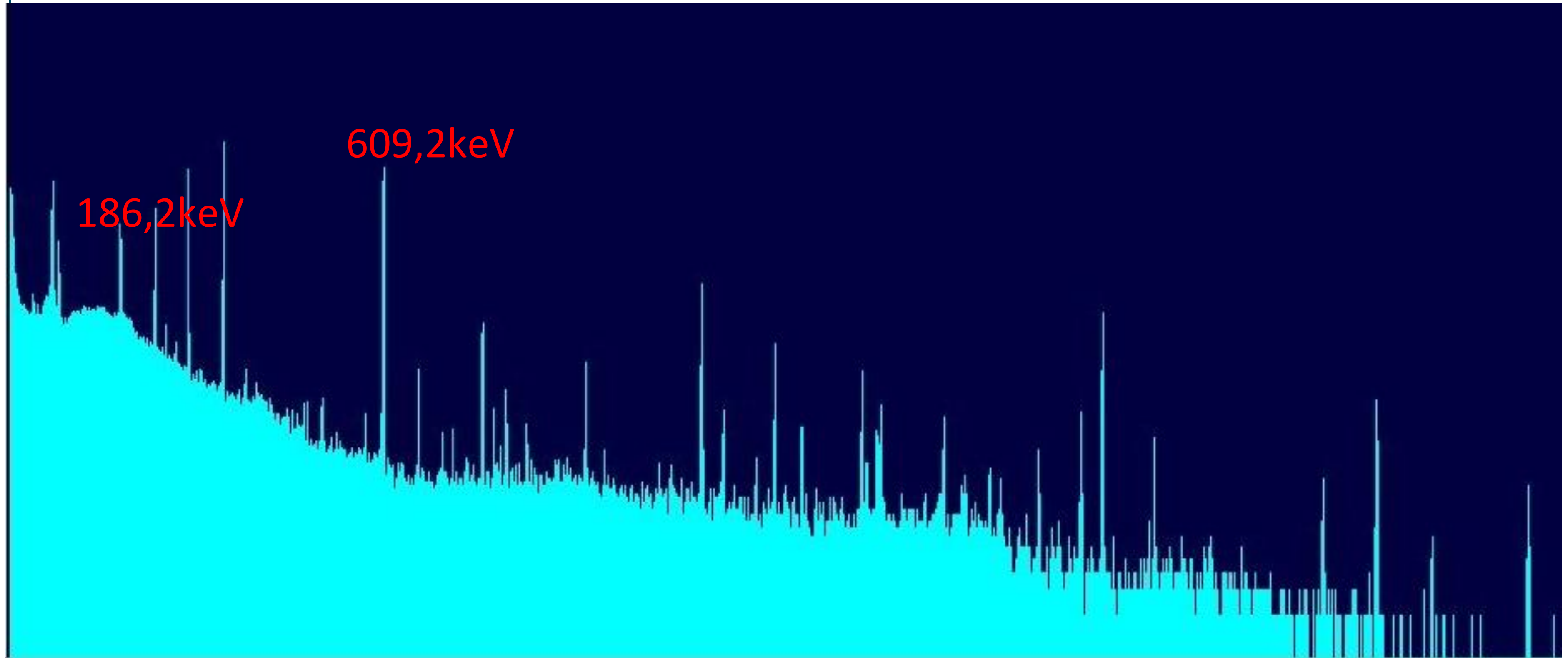
# Спектр Ra-226 ОСГИ №5



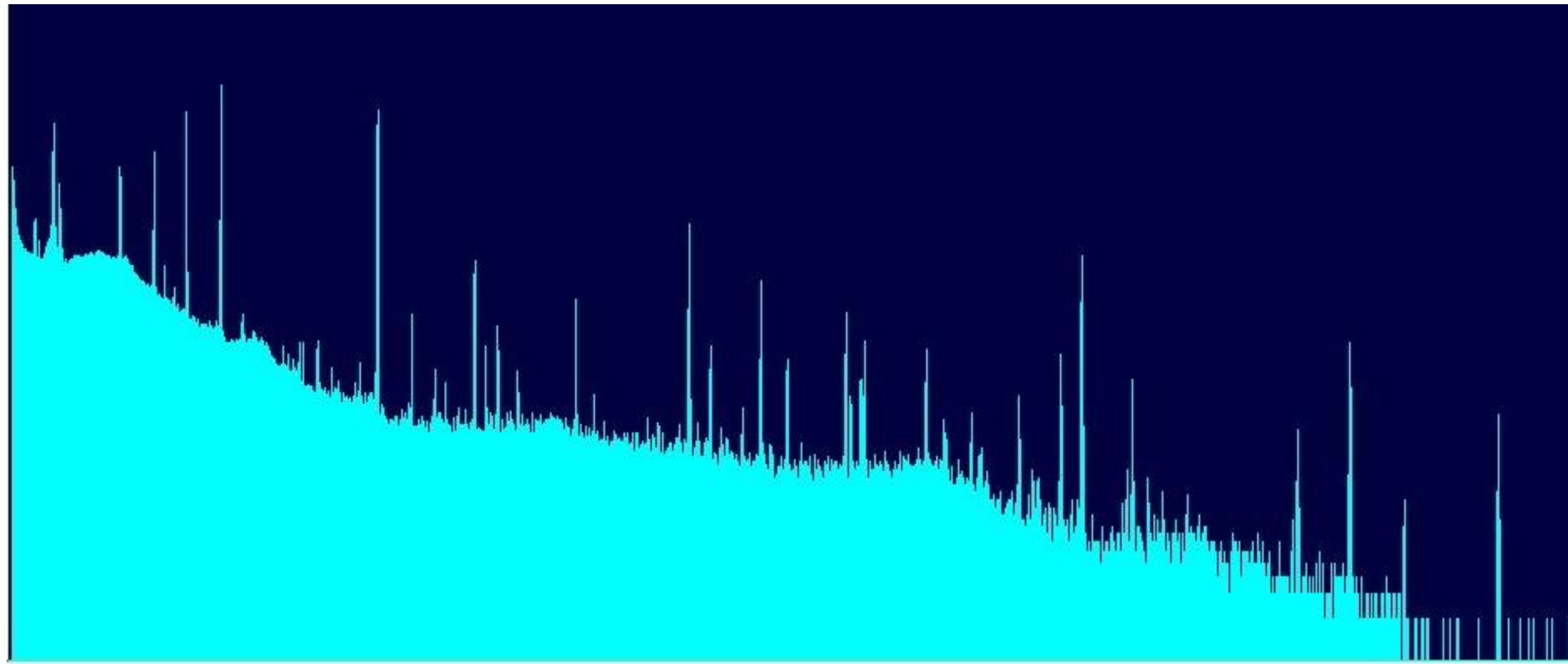
# Спектр Ra-226 ОСГИ №2



Спектр Ra-226 ОСГИ №2 после достижения равновесия.



Спектр Ra-226 в конструктиве ОСГИ-П производства «РИТВЕРЦ»



## Расчет активности неэмманирующего источника по $^{226}\text{Ra}$

$$A_{\text{Ra}-226} = A_{\text{Ho}-166\text{m}} \cdot \frac{N_{186 \text{ keV}} \cdot I_{184 \text{ keV}}}{N_{184 \text{ keV}} \cdot I_{186 \text{ keV}}}$$

## Расчет активности незманирующего источника по дочерним нуклидам

$$A_{Ra-do} = A_{Cs-134} \cdot \frac{N_{609 \text{ keV}} \cdot I_{604 \text{ keV}}}{N_{604 \text{ keV}} \cdot I_{609 \text{ keV}}}$$



## Бюджет неопределенностей измерений активности неэманлирующего источника по $^{226}\text{Ra}$

Компонента	Тип	Значение
Статистическая неопределенность счета	A	0.2%
Неопределенность активности $\text{Po-166m}$	B	0.4%
Неопределенность интенсивности гамма линии 186 keV	B	0.55%
Неопределенность интенсивности гамма линии 184 keV	B	0.41%
Неопределенность метода компарирования	B	0.5%
Неопределенность гипотезы равновесия	B	0.5%
Неопределенность из-за неравенства энергий гамма линий		0.2%

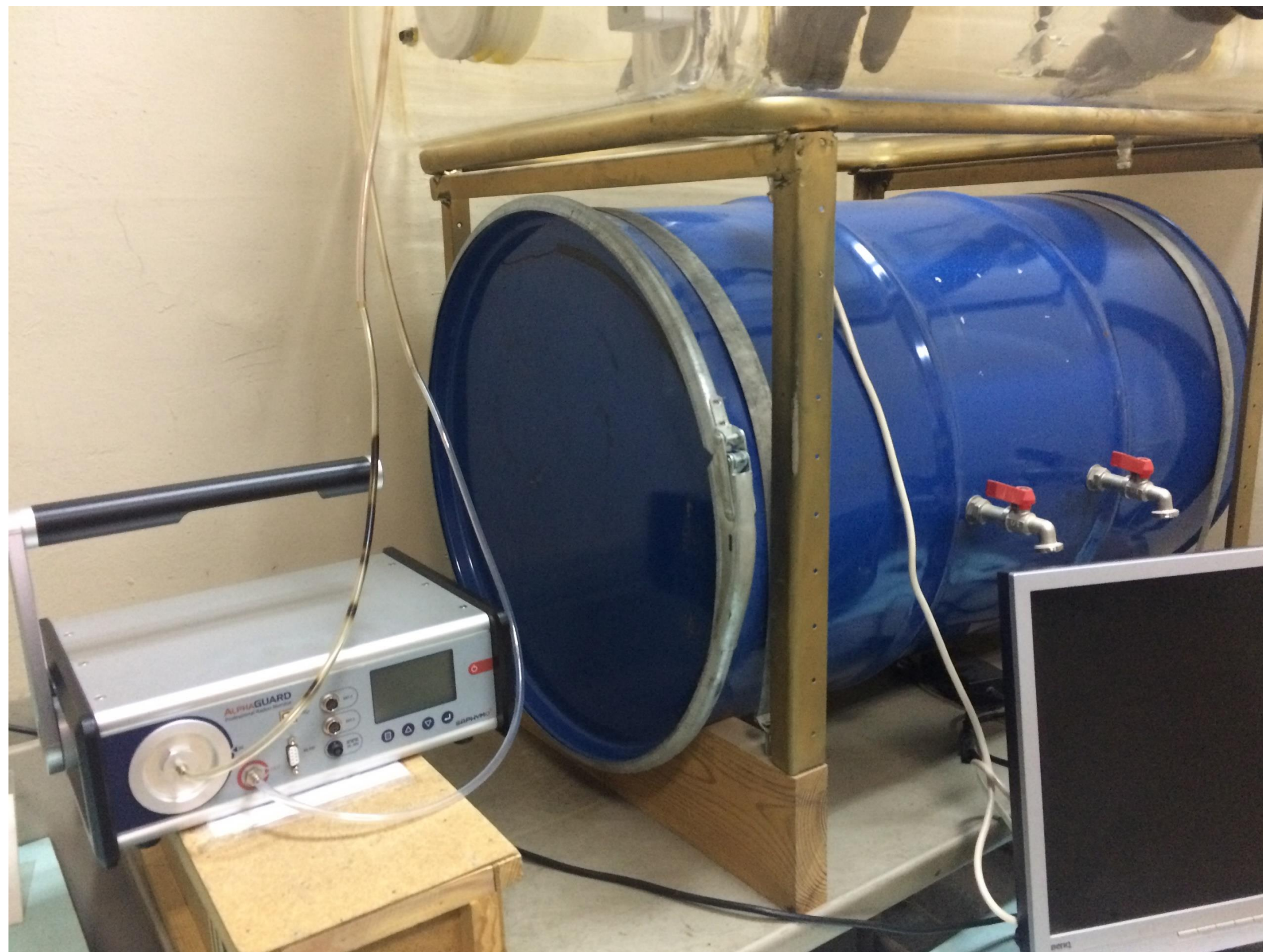
Суммарная неопределенность для  $(k=2)$  = 2,2%

## Бюджет неопределенностей измерений активности неэманерирующего источника по дочерним нуклидам

Компонента	Тип	Значение
Статистическая неопределенность счета	A	0.2%
Неопределенность активности Cs-134	B	0.8%
Неопределенность интенсивности гамма линии 609 keV	B	0.1%
Неопределенность интенсивности гамма линии 604 keV	B	0.4%
Неопределенность метода компарирования	B	0.5%
Неопределенность гипотезы равновесия	B	0.5%
Неопределенность из-за неравенства энергий гамма линий		0.2%

Суммарная неопределенность для (k=2) = 2,4%

# Герметичная бочка объёмом 200л. для измерения эманации Rn-222 радон монитором Alpha GUARD.





## Выводы

- Активности источников Ra-226, измеренные таким методом имеют неопределённости порядка 2% для коэффициента охвата  $k=2$ .
- Это позволит в ближайшем будущем создать источники Ra-226 типа ОСГИ по своим метрологическим характеристикам соответствующие требованиям поверочной схемы для средств измерений активности радионуклидов, предъявляемым к вторичным эталонам единицы активности радионуклидов



**ВНИИМ**

ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева"

**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!**

[www.vniim.ru](http://www.vniim.ru)

**PCT**