

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени М.В. ЛОМОНОСОВА**  
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ имени Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА**

На правах рукописи  
УДК 539.172

**ПАСХАЛОВ АНТОН АНАТОЛЬЕВИЧ**

**ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ЯДЕРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ МЕТОДОМ  
ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

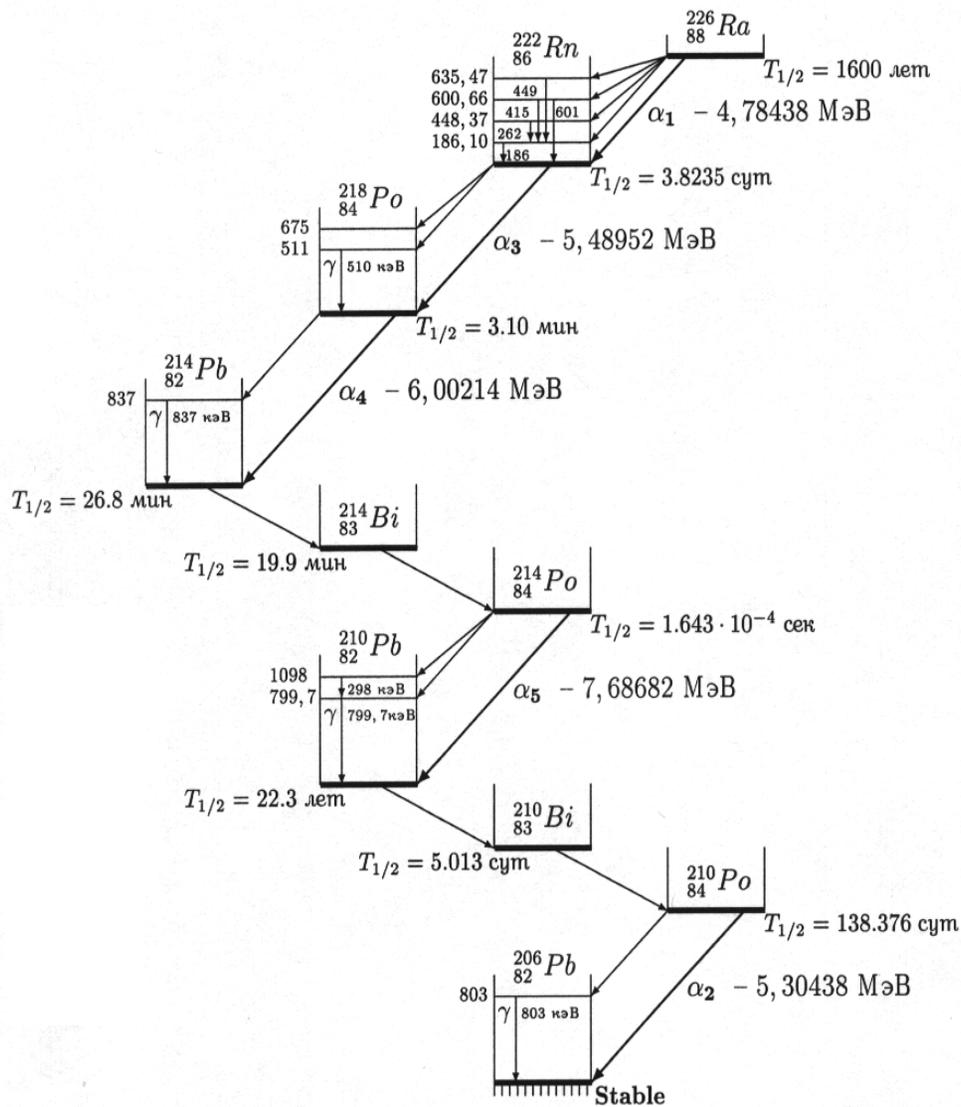
Специальность: 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук

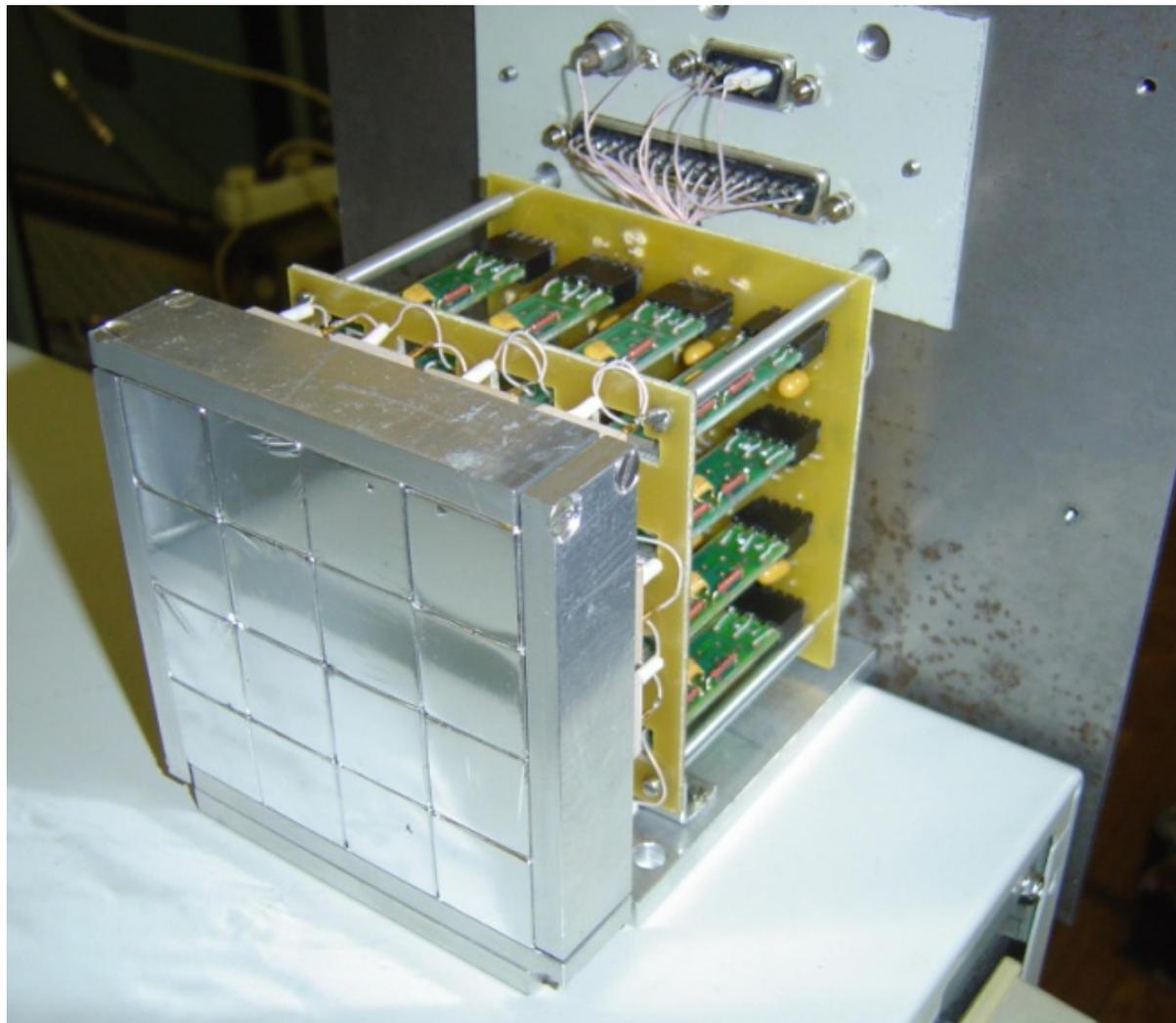
Научный руководитель:  
к.ф.-м.н. Н.В.Еремин

МОСКВА – 2011г.

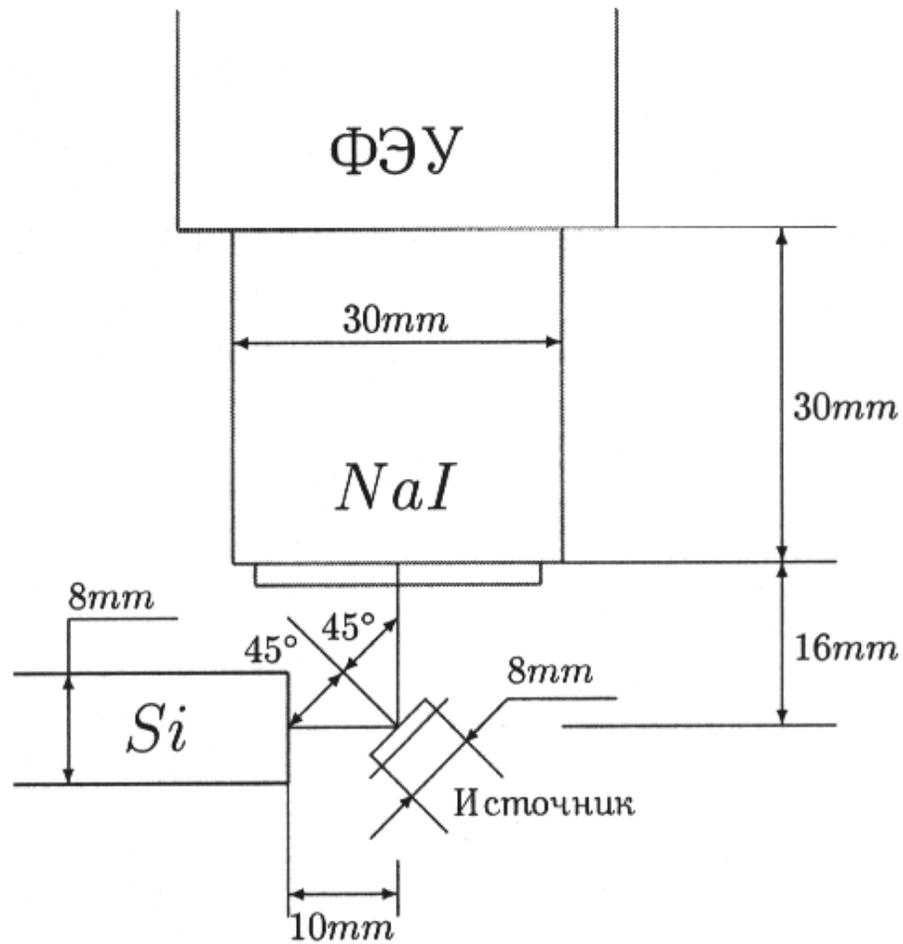
# Схема распада 226-Ra



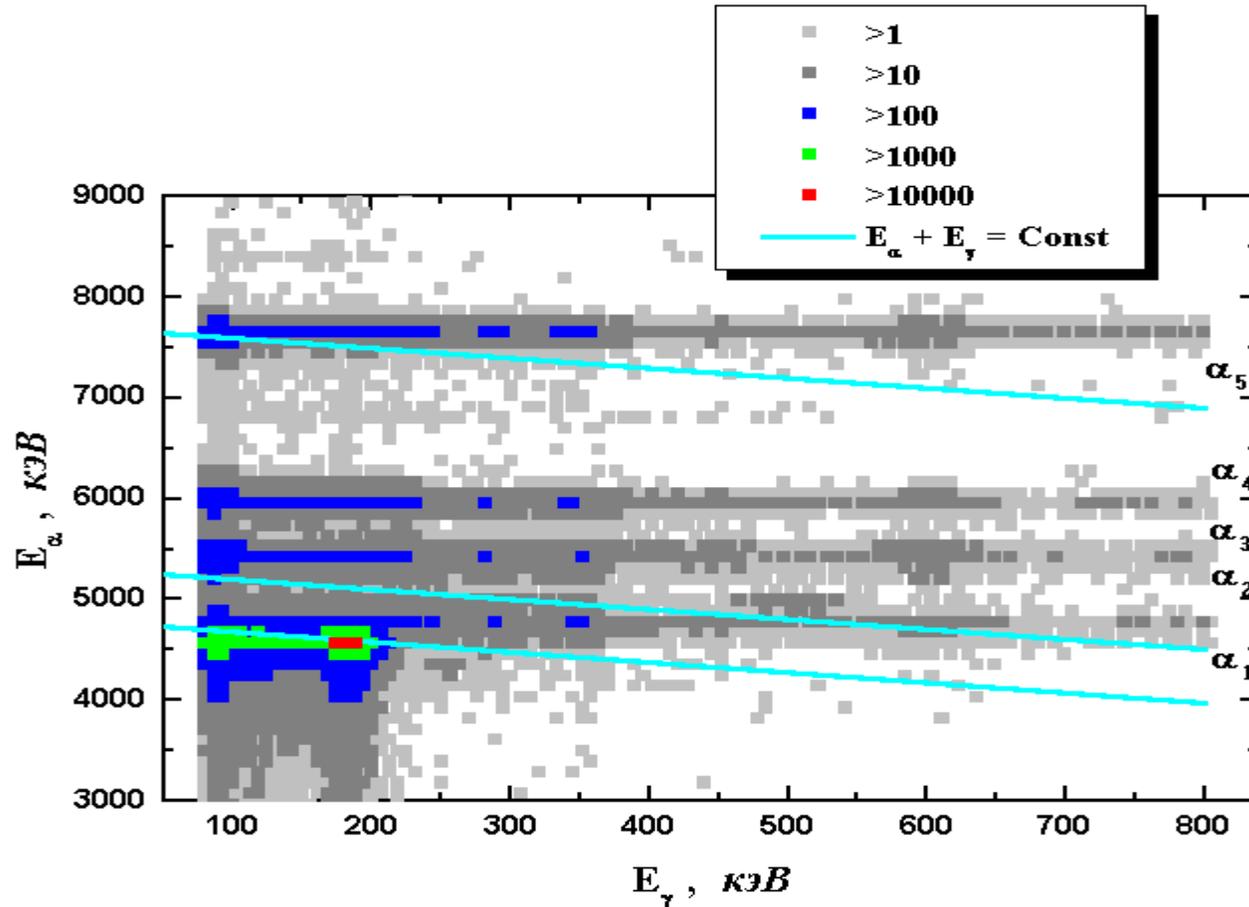
## Матричный гамма-детектор CsI(Tl)



# Геометрия эксперимента



# Двумерный спектр ( $\alpha$ - $\gamma$ )-совпадений

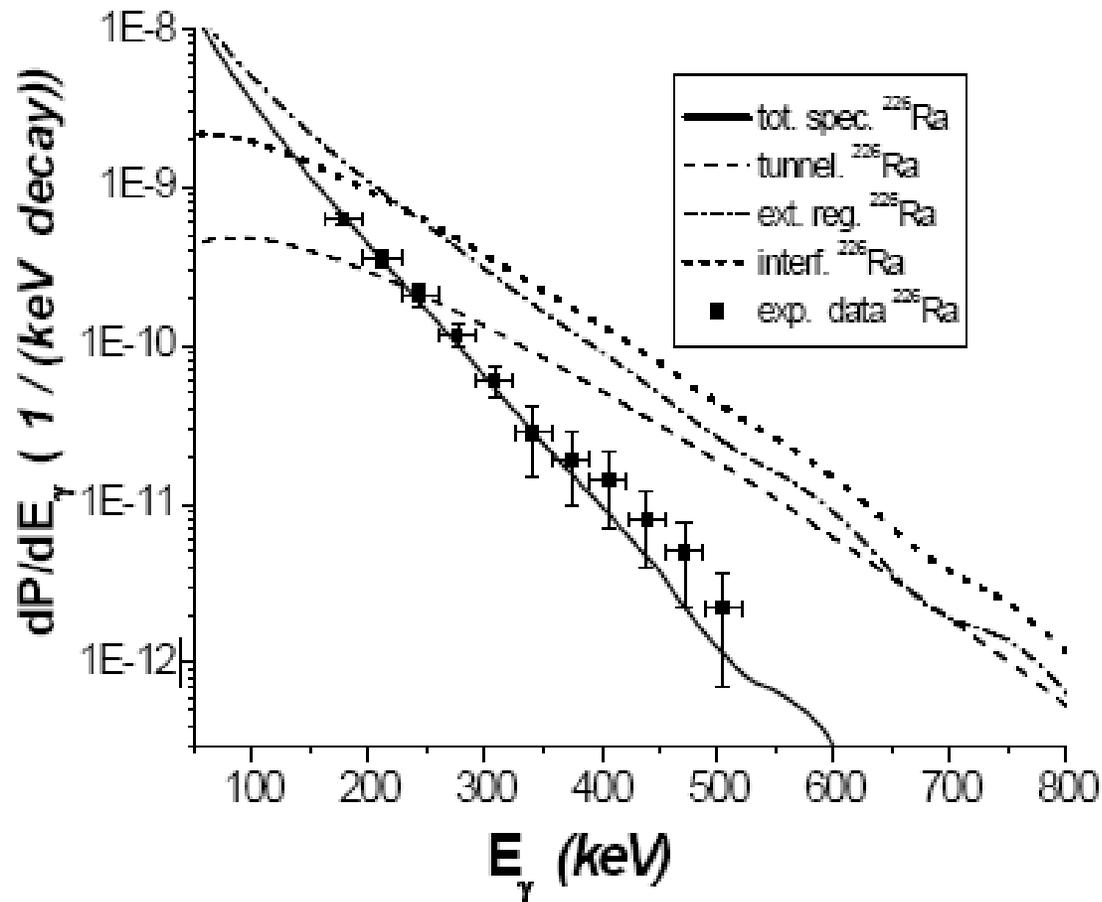


## Обработка экспериментальных данных

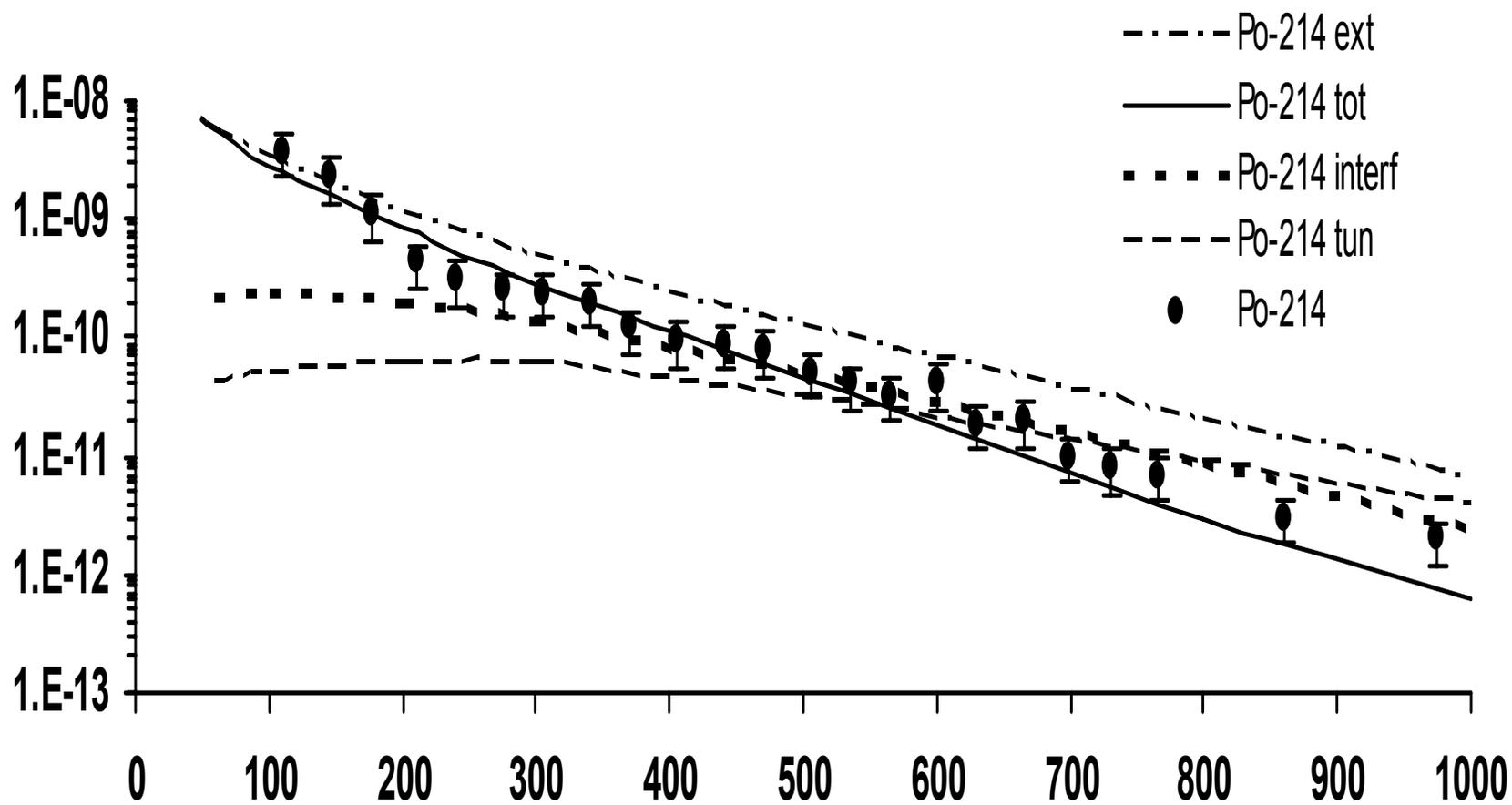
$$\frac{dP_{\alpha-\gamma}}{dE_{\gamma}} = \frac{N_{\alpha-\gamma}^{\text{true}}}{n_{\alpha} \Delta t \varepsilon(E_{\gamma}) \Delta E_{\gamma} W(E_{\gamma}, \theta)}$$

$$W(E_{\gamma}, \theta) = 1 + A_2 \cdot Q_2 \cdot P_2(\cos \theta)$$

$$\frac{dP(w, \vartheta)}{dE_{\gamma}} = \frac{dP_{\text{tun}}(w, \vartheta)}{dE_{\gamma}} + \frac{dP_{\text{ext}}(w, \vartheta)}{dE_{\gamma}} + \frac{dP_{\text{interference}}(w, \vartheta)}{dE_{\gamma}}.$$



Вероятности выхода тормозных фотонов для ядер Ra-226



Вероятности выхода тормозных фотонов для ядер Po-214

- Разработана методика регистрации тормозных фотонов и  $\gamma$ -квантов, испускаемых в редких ядерных превращениях, происходящих с вероятностью  $\sim 1\text{E-}12$  фотон/(кэВ распад), которая впервые позволила получить экспериментальные данные по вероятностям выхода тормозного излучения, сопровождающего альфа-распад изотопов  $^{214}\text{Po}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в диапазоне энергий тормозных фотонов от 100 кэВ до 1 МэВ. Измерены значения вероятностей ионизации атомных  $K$ -оболочек и вероятностей заселения возбужденных ядерных уровней дочерних ядер при альфа-распаде изотопов (на уровне  $10^{-6}$  фотон/(кэВ распад)).
- Проведены расчеты вероятности выхода тормозных фотонов в рамках квантово-механической одночастичной модели альфа-распада с учетом интерференционных процессов. Показано, что подбарьерная область движения альфа-частицы вносит деструктивный вклад в полную вероятность испускания как тормозного фотона, возрастающий по мере увеличения энергии фотона, так и при ионизации внутренних оболочек атома.
- Разработан и изготовлен матричный детектор гамма-излучения на основе кристаллов  $\text{CsI(Tl)}$ , сочлененных с кремниевыми  $\text{p-n}$ -диодами. Измерены спектрометрические характеристики детектора, представлена методика определения пространственно-углового разрешения матричного гамма-детектора. Измерены угловые распределения продуктов ядерных превращений в широком угловом диапазоне, позволяющие сделать выбор оптимальной геометрии эксперимента.

## Список опубликованных работ

1. N.V.Eremin, A.A.Paskhalov, D.A.Smirnov. Energy spectra of bremsstrahlung photons accompanying  $\alpha$ -decay of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{210,214}\text{Po}$  nuclei. 53 международное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра ЯДРО-2003. Тезисы докладов международного совещания. Из-во Московского Университета 2003., стр. 101
2. N.V.Eremin, A.A.Paskhalov, D.A.Smirnov. The influence of nuclear surface deformation on the bremsstrahlung emission from  $\alpha$ -decay of heavy nuclei. 53 международное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра ЯДРО-2003. Тезисы докладов международного совещания. Из-во Московского Университета 2003., стр. 101
3. A.A. Altukhov, Yu.V. Gulyaev, N.V.Eremin, A.A. Paskhalov, A.Yu. Mityagin, A.V. Shustrov, N.A. Tatyana. Radiation Intensity Detectors Based on Natural Diamond. *Physica Status Solidi(a)*, N 2 , 2001, pp 356-360
4. V.Kh.Liechtenstein N.V.Eremin, R.Golser, W.Kutschera A.A.Paskhalov A.Priller, P.Steier, C.Vockenhuber, S.Winkler. First tests of a thin natural diamond detector as an energy spectrometer for low-energy heavy ions. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A (NIMA:521)*, 2004г., p.203-207
5. Eremin N.V., Paskhalov A.A., Smirnova S.A. Zadneprovski B.I. Inorganic scintillators in the mixed alpha-gamma-neutron fields. 6th European conference on luminescent detectors and transformers of ionizing radiation, Львов, 2006
6. G.Giardina, G.Fazio, G.Mandaglio, M.Manganaro, S.P. Maydanyuk, V.S.Olkhovsky, N.V. Eremin, A.A.Paskhalov, D.A.Smirnov C.Saccá. Bremsstrahlung emission during  $\alpha$ -decay of  $^{226}\text{Ra}$ . *Modern Physics Letters A (MPLA) Volume: 23 No: 31 Year: 2008 pp. 2651-2663*
7. G. Giardina, G. Fazio, G. Mandaglio, M. Mandanaro, C. Sacca, N.V. Eremin, A.A. Paskhalov, D.A. Smirnov, S.P. Maydanyuk, V.S. Olkhovsky. Bremsstrahlung emission accompanying the  $\alpha$ -decay of  $^{214}\text{Po}$ . *European Physical Journal A*, 2008, V. 36, № 1, p.31 - 36.
8. N.V. Eremin, A.A. Paskhalov, S.S. Markochev, E.A. Tsvetkov, G. Mandaglio, M. Manganaro, G. Fazio, G. Giardina, M.V. Romaniuk. New experimental method of investigation the rare nuclear transformations accompanying atomic processes: bremsstrahlung emission in spontaneous fission of  $^{252}\text{Cf}$ . *International Journal of Modern Physics E*, Vol. 19, Nos.5 & 6 (2010) 1183-1188, DOI: 10.1142/S0218301310015655
9. Н. В. Еремин, С. С. Маркочев, А. А. Пасхалов, Е. А. Цветков. Измерение выхода высокоэнергетических  $\gamma$ -квантов, сопровождающих спонтанное деление ядер  $^{252}\text{Cf}$ . *Известия РАН. Серия физическая*, 2011, том 75, №4, с. 576-578.