

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**

**«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»  
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XIX Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS  
of the XIX International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024  
Астана**

**УДК 001**

**ББК 72**

**G99**

**«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.**

**ISBN 978-601-7697-07-5**

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001**

**ББК 72**

**G99**

**ISBN 978-601-7697-07-5**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2024**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ ОТКЛИКА ДЕТЕКТОРА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

**Баграмова Асель Айдосовна**

Докторант кафедры ядерной физики, новых материалов и технологий ЕНУ им.

Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

[Assel.yaf.enu@gmail.com](mailto:Assel.yaf.enu@gmail.com)

Научный руководитель – PhD доктор, профессор Жумадилов К.Ш.

Гамма-спектрометрия является очень эффективным методом измерения, для определения состава образцов природного и техногенного происхождения. В основе гамма-спектрометрии лежит взаимодействие гамма-квантов с веществом. Наиболее эффективными детекторами для измерения спектров гамма-квантов являются полупроводниковые детекторы из сверхчистого германия.

При регистрации гамма-квантов энергиями в основном 0,1-3,0 МэВ в кристалле детектора происходят следующие процессы: фотоэффект, комптоновское рассеяние и рождение пар (если энергия гамма-кванта выше 1022 КэВ, которая является порог энергии рождения электронно-позитронной пары). Во всех этих процессах энергия гамма-кванта или часть его энергии передается электрону вещества детектора. И в результате взаимодействий на выходе детектора возникают электрические заряды, величина которых пропорциональна энергии, потерянной квантом в детекторе [1,2].

Эффективность регистрации детектора является основной характеристикой при измерении спектров гамма-квантов. Калибровку по эффективности детектора можно получить аналитическим методом, благодаря известным параметрам источников. Зачастую используют mixed gamma-ray standart, включающий в себя весь интересующий энергетический диапазон. Но для оценки эффективности в случаях, когда проведение экспериментальных измерений не представляется или затруднено, то есть когда невозможно использовать стандартные калибровочные источники, можно решить задачу путем моделирования отклика детектора с помощью метода Монте-Карло. Метод Монте-Карло представляет с собой математическую модель с использованием генератора случайных величин [3].

Для исследования эффективности регистрации гамма-квантов с энергиями от 0,1 до 3,0 МэВ были проведены численные эксперименты для модели детектора H<sub>r</sub>Ge-детектора Canberra GX3018 (далее-детектор). Детектор имеет энергетическое разрешение 1,8 КэВ по линии 1332 и высокое соотношение 58:1 площади пика полного поглощения (ППП) энергии и комптоновского континуума. Важно знать, что качества детектора как спектрометра характеризуются тремя величинами: энергетическое разрешение, эффективность регистрации и отношением ППП к комптоновскому континууму [4]. Дополнительная характеристика и конструкция детектора по сертификации производителя показано в таблица 1[5].

Таблица 1. Характеристика детектора GX3018

Форма детектора	коаксиальная
Относительная эффективность	30%
Диаметр кристалла	60.5 мм
Высота кристалла	45.5 мм
Диаметр отверстия кристалла	9.5 мм
Расстояния от кристалла до окна	6 мм
Материал окна и толщина	Карбоновый композит, 1.5 мм
Рабочее напряжение	(+) 3500 V

Моделирование кристалла детектора является критически важным шагом, так как эта именно та область, где будет учитываться вклад гамма-квантов в процессе поглощения энергии. Основными производителями германиевых кристаллов являются компании- ORTEC,

Canberra и PGT. Остальные создатели детекторов используют кристаллы из этих производителей. При производстве кристалл германия шлифуют до идеально цилиндрической формы. А для коаксиальной формы использую процесс bulletization, что является закруглением одного конца кристалла для лучшего сбора заряда [4].

Ниже приведен сегмент описания кристалла детектора

```

10 PZ 0 # top of the window
20 PZ -0.15 # bottom of the window
40 PZ -0.9001 # Mylar
45 pz -0.9002 # Aluminum layer
50 PZ -0.9003 # top of the crystal
70 PZ -5.45 # bottom of the crystal
100 pz -9.95 # bottom of the end cup
110 cz 0.475 # radius of the hole
120 cz 3.03 # radius of the crystal

```

Благодаря определению расположения конструкции в 3-х мерной координатной системе и данным по материалам (химический состав и плотность) строится модель детектора в программе. Исходный код модели детектора указана ниже

```

10 4 -8.93 -170 60 $ Cu
20 4 -8.93 -110 -60 100 $ Cu
25 1 -5.4 -120 -50 55
30 1 -5.4 -120 -55 70 #10 #20 $ Ge
40 6 -1.2E-5 120 -130 -50 70 $ low vacuum
50 6 -1.2E-5 110 -130 -70 80 $ low vacuum
55 2 -1.387 -140 -40 45 $ Mylar window
60 7 -1.397 -140 -45 50 $ Mylar window
70 2 -2.7 130 -140 -50 80 $ inner Al cup
80 2 -2.7 110 -140 -80 90 $ inner Al cup
90 3 -1.4 -140 -10 20 $ C window
100 2 -2.7 140 -160 -10 30 $ outer Al cup
110 2 -2.7 150 -160 -30 100 $ outer Al cup
120 6 -1.2E-5 -140 -20 30 $ low vacuum
130 6 -1.2E-5 -150 -30 40 $ low vacuum
140 6 -1.2E-5 -150 140 -40 90 $ low vacuum
150 6 -1.2E-5 -150 110 -90 100 $ low vacuum
160 6 -1.2e-3 -180 (250: -100: 160) $ air

```

Данный код был использован для симуляции работы функции отклика детектора. В результате чего были получены выходные файлы, в котором была рассчитана вероятность регистрации гамма-квантов на указанный диапазон энергии.

#### Список использованных источников

1. S.Y. Troschiev. Preprint MSU SINP N 2009-8/852
2. Y.A.Popov et al. Scientific instrumentation 30 (2020) 40-50.
3. U.V. Aleinikov et al. News of Tomsk State University. Georesources Engineering 328(2018) 76-85.
4. U.A.Popov et al. Scientific instrumentation 29 (2019) 90-102.
5. Mirion technologu products. URL: <https://www.gammadata.se/assets/Uploads/XtRa-detectors-C49310.pdf>