

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуковский А.И., Чудаков В.А., Хаджинов Е.М., Баковец Н.В., Будевич Н.М., Аншаков О.М. Измерительный комплекс бета-гамма-СИЧ. // Медэлектроника-2004. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: Материалы III Международной научно-технической конференции. – Мн.: БГУИР, 2004. – 504 с.: ил. – с. 489. ISBN 985-444-769-3
2. Разработать математические модели переноса излучения в теле человека и детекторе, разработать математическую модель детектора: Отчет о НИР/НИКИРМ; Минск, 2000.

EFFECTIVENESS OF THE LIGHT ABSORBER ON DIFFERENT PARTS OF BETA-SPECTRUM

Bakovets N.V., Horshkov D.V., Zhukovsky A.I., Khadzhinov E.M.

This work describes the researches of absorbent characteristics of integumentary tissues. This question is dominant on the stage of elaboration of algorithm of determination of physical characteristics of heterogeneous system – humans skull.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ РАБОТЕ С БЕТА-СПЕКТРАМИ

Баковец Н.В., Жуковский А.И., Зубарев В.Н., Хаджинов Е.М.

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь, zk@appsys.net*

В работе показан алгоритм расчета погрешностей при работе с бета-спектрами, а также сравнение теоретической и экспериментальной погрешностей при обработке данных бета-канала.

Наиболее простой и достаточно общий подход к построению математической модели многокомпонентных измерений предполагает, что процессы переноса излучения, преобразования в детекторе и электронно-измерительном тракте являются линейными операциями по отношению к измеряемым параметрам источников или полей излучения, а сам процесс измерения является стационарным [1].

В силу линейности процессов (соблюдения принципа суперпозиции) определение активности A_j радионуклида j в k -компонентной смеси ($j = 1..k$) производится из системы линейных уравнений для результатов наблюдений I_i в канале i -канальной измерительной системы ($i = 1..n$) [2, 3]:

$$I_i = \sum_{j=1}^n S_{ij} A_j + \varepsilon_i,$$

где S_{ij} – чувствительность i -го измерительного канала к j -му компоненту; ε_i – флуктуации результата наблюдений.

Значения чувствительностей получают в результате обработки «опорных» спектров – спектров моноизотопов достаточно высокой активности, измеряемых продолжительное время.

Использование линейной модели образования многокомпонентного спектра является правомерным только при статистической независимости соседних каналов аппаратного спектра и его хорошей статистической обеспеченности [5]. Указанные характеристики могут быть получены за счет повышения стабильности энергетической шкалы спектрометра и увеличения количества отсчетов в каналах спектра. Все алгоритмы многокомпонентных радиометрических измерений в той или иной мере основываются на линейной модели образования спектров и требуют выполнения аналогичных требований [4].

Погрешности результатов обработки спектров ядерных излучений в основном связаны со стохастическим характером исходных данных. В первую очередь речь идет как о самом процессе ядерных превращений, так и о вероятностном характере процесса регистрации излучений [5]. Оценка погрешности определения содержания изотопов по энергетическим спектрам может быть произведена, исходя из статистических погрешностей исследуемого и опорных спектров.

Экспериментальная проверка предложенного алгоритма проведена с использованием стандартные образцы радиоактивного загрязнения (СОРЗ), содержащие изотопы Cs-137 и K-40 с активностями 3130 Бк и 450 Бк на пробу, соответственно. Масса СОРЗ – 380 г. Измерения организованы сериями различной продолжительности: 4x3600с, 4x1800с, 30x900с, 50x300с. В качестве детектора использован комбинированный сцинтилляционный блок детектирования типа фосфич (табл. 1).

Таблица 1

Оценка границ доверительного интервала, покрывающего истинное значение активности, для серий измерения разной продолжительности

Серии измерений		Экспериментальная оценка границ доверительного интервала, Бк		Средняя теоретическая оценка границ доверительного интервала, Бк	
Время, с	Кол-во	Cs-137	K-40	Cs-137	K-40
3600	4	[2781; 2937]	[432; 476]	[2722; 2996]	[382; 527]
1800	4	[2764; 2967]	[388; 478]	[2760; 3072]	[352; 515]
900	30	[2697; 2972]	[378; 524]	[2638; 3030]	[347; 554]
300	50	[2545; 3016]	[342; 597]	[2378; 3183]	[257; 682]

Результаты экспериментальной проверки показали, что алгоритм оценки погрешностей учитывает только статистические ошибки исходных данных и является оправданным, если величина прочих ошибок в рамках данной задачи является несущественной по сравнению со статистической неопределенностью отсчетов.

Из приведенных данных видно, что значение погрешности, полученное экспериментальным путем, укладывается в границы теоретической оценки для измерений различной длительности. Таким образом, предложенный алгоритм может быть использован на практике для проведения оценок границ доверительных интервалов, покрывающий истинное значение активности радионуклидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурьян В.И., Глаголев В.И., Матвеев В.В. Оптимальные методы обработки информации в многокомпонентной радиометрии. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.
2. Бурьян В.И., Глаголев В.И., Матвеев В.В. Основы теории измерений. М.: Атомиздат, 1977. – 200 с.
3. Дементьев В.А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов. – М.: Атомиздат, 1967. – 183с.
4. Баковец Н.В., Жуковский А.И., Хаджинов Е.М. Оценка МДА Sr-90 в зависимости от времени измерения. // Материалы международной научной конференции «Сахаровские чтения 2004: экологические проблемы XXI века», II часть. Под редакцией С.П. Кундаса, В.А. Чудакова. – Мн.: Бестпринт, 2004. – с.125.
5. Гольданский В.И., Куценко А.В., Подгорецкий М.И. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. – Физматгиз, М.: 1954. – 412с.

ESTIMATION ERROR ALGORITHM AT THE LABOUR WITH BETA-SPEKTRUMS

Bakovets N.V., Zhukovsky A.I., Zubarev V.N., Khadzhinov E.M.

This work describes the estimation error algorithm at the operations with beta-spektrums, as well as compares the theoretical and experimental errors by the processing of beta-channel's data.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ

Баковец Н.В., Жуковский А.И., Козел М.А., Хаджинов Е.М.

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь*

Доклад посвящен анализу аппаратурных спектров бета-излучения и алгоритму оценки погрешности определения радионуклидов по бета-спектрам.

Одним из вариантов прижизненного определения содержания Sr-90 является непосредственная регистрация бета-излучения, исходящего из тела человека [1]. Оценка содержания Sr-90 проводится по бета-излучению его дочернего короткоживущего изотопа Y-90, обладающего граничной энергией 2.3 МэВ. На энергетическом спектре выделяется «окно» в диапазоне энергий 1.5-2.3 МэВ, где присутствует вклад исключительно от излучения Y-90 и фонового излучения. В силу падения светосилы детектора по причине самопоглощения излучения в контролируемом объекте и на пути к детектору требуется проводить коррекцию оценки содержания Sr-90.

Коррекция показаний бета-канала, которая производится за счет оценки светосилы, требует работы не только в окне Y-90, но и определения вклада в бета-спектр сопутствующих Sr-90 изотопов K-40 и Cs-137 [2, 3]. Для этого необходимо, основываясь на линейной модели образования спектров, провести расчет погрешностей определения содержания радионуклидов.

Разработка алгоритма, позволяющего проводить оценку погрешностей содержания радионуклидов, дает возможность определить оптимальную продолжительность измерения, что важно при работе в узких временных рамках.

Общий подход к построению математической модели многокомпонентных измерений предполагает, что процессы переноса излучения, преобразования в детекторе и электронно-измерительном тракте являются линейными операциями по отношению к измеряемым параметрам источников или полей излучения, а сам процесс измерения является стационарным.

В качестве проверки проведены измерения специальных образцов радиоактивного загрязнения (СОРЗ), содержащих изотопы Cs-137 и K-40. Использован комбинированный сцинтилляционный блок детектирования типа фосфич.

Измерения проводились в несколько серий различной продолжительности. Для разделения изотопов по бета-спектрам использована оконная методика, предложенная в работах [4-6]. Полученные оценки содержания радионуклидов позволяют экспериментально определить границы доверительных интервалов для каждой серии измерений.

Проведение оценки погрешности позволяет оценить ширину доверительного интервала, покрывающего истинное значение активности, для каждой серии измерения [7] (табл. 1).

Следует отметить характер временной зависимости ширины доверительного интервала экспериментальной и теоретической оценок (рис. 1). Совпадение формы кривых и попадание экспериментальных данных внутрь границ теоретических оценок указывает на достоверность проведенного анализа погрешностей.

Таким образом, предложенный в работе алгоритм совместной оценки содержания радионуклидов по аппаратурным бета-спектрам, основанный на использовании линейной модели образования спектров, позволяет проводить расчет границ доверительного интервала для определения содержания радионуклидов.