



Обработка спектрометрической информации в бета-канале СИЧ

Хаджинов Е.М.

Международный Экологический Университет, Минск, Беларусь

SPECTROMETRIC INFORMATION PROCESSING IN HRS BETA CHANNEL. We propose a method of continuous spectrum processing, based on substitution of tabulated forms on analytical functions. It lets to improve parameters of beta-gamma-radiometers (including beta-gamma-HRS) due to controlling shift of the energy scale and using digital filtering for measurements with bad statistic supply.

Целью работы является разработка метода обработки непрерывных бета-спектров для определения содержания наиболее биологически опасного радионуклида Sr-90 [1]. В ходе выполнения работы были решены следующие основные задачи:

- проанализированы возможности применения существующих методов обработки непрерывных спектров;
- разработан метод анализа спектров бета-излучения, слабо чувствительный к уровню шума и искажениям энергетической шкалы спектрометра под воздействием внешних факторов.

Были изучены два основных подхода к анализу непрерывных спектров:

- ❖ Методика, разработанная в Обнинском институте Атомной Энергетики (ИАТЭ) и основанная на представлении исходного спектра в виде суперпозиции базовых спектров и использующая для определения активности изотопов метод наименьших квадратов (МНК) [2];
- ❖ Методика, разработанная на базе МЭУ и основанная на использовании метода максимального правдоподобия (ММП), адаптированного применительно к задаче анализа бета-спектров [3].

В основе обеих методик лежит подход, разработанный ИАТЭ, при котором функцию отклика детектора бета-излучения можно представить в виде суперпозиции функций отклика того же детектора для отдельных изотопов. Проверка на искусственных и реальных спектрах показала возможности обоих методов по разделению радионуклидов для спектров с высокой статистической обеспеченностью. К недостаткам указанных методов следует отнести:

- наличие значительных ошибок в определении содержания изотопов при низкой статистической обеспеченности данных;
- неадекватная оценка содержания изотопов в пробе при флуктуациях энергетической шкалы, что обусловлено применением табличного представления спектров.

Нами предложен метод обработки непрерывных бета-спектров, основанный на замене табулированных представлений спектров аналитическими функциями. Метод позволит улучшить характеристики бета-гамма-радиометров (включая бета-гамма-СИЧ) как за счет учета неконтролируемого сдвига энергетической шкалы, так и за счет лучшей цифровой фильтрации исходных данных при измерениях в условиях плохой статистической обеспеченности.

В результате замены табулированных представлений спектров аналитическими функциями получаем следующее выражение:

$$AFS(\eta) = \sum_{k=0}^{K-1} AFBS_k(n) \cdot ShV_k$$

где AFS – аналитическое представление исходного спектра;

AFBS_k – аналитическое представление k-го базового спектра;

ShV_k – коэффициент растяжения k-го базового спектра по вертикали.

Первоначальная проверка работоспособности метода проводилась на модельных спектрах. В качестве аппроксимирующих функций использовалось полиномиальное разложение, что показало возможность определения содержания изотопов при смещении аппаратного нуля энергетической шкалы спектрометра. Аппроксимация спектра представляет собой применение сглаживающего фильтра. Обнаружено, что использование цифровой фильтрации позволяет получить хорошие результаты даже при работе с сильно зашумленными спектрами [4].

Использование полиномиальных разложений показало перспективность работы по представлению непрерывных спектров в аналитическом виде. В качестве аппроксимирующей функции была выбрана сумма гармонических функций. Значение коэффициентов разложения были получены при помощи быстрого преобразования Фурье (БПФ) [5].

В ходе работы была проведена экспериментальная проверка эффективности использования разработанного метода в сравнении с существующим механизмом анализа непрерывных спектров. Для сравнения использовалась обнинская методика. Эксперимент проводился при помощи бета-гамма-радиометра МКС-1311 (EL-1311). В данной установке применен комбинированный сцинтилляционный фосфич-детектор, аналогичный используемому в разрабатываемом бета-гамма-СИЧ. Временные срезы спектров проводились через 300, 600, 900, 1500 и 2100 секунд с момента начала измерения. В качестве базового спектра был выбран спектр с наибольшим временем измерения (2100 секунд).

В ходе проведения исследований были получены следующие результаты:

- Модельные эксперименты с полиномиальными функциями показали положительный вклад цифровой фильтрации исходных бета-спектров спектров в точность определения содержания контролируемых изотопов;
- Использование быстрого преобразования Фурье для аппроксимации непрерывных спектров позволило распространить результаты модельных расчетов на обработку реальных данных;
- При помощи бета-гамма-радиометра МКС-1311 («АТОМТЕХ») были получены спектры с низкой статистической обеспеченностью для образцового источника бета-излучения на основе радионуклида Sr-90. Обработка экспериментальных данных показала увеличение точности определения отношения суммарного числа отсчетов, обусловленного содержанием данного изотопа в сравнении с методикой, предложенной Обнинским институтом Атомной Энергетики (см. таблицу).

Текущая программная реализация описанных выше методов без каких-либо изменений может быть использована для обработки данных, поступающих с измерительного преобразователя СИЧ [6,7], разработанного в ходе выполнения темы «Создание и внедрение в эксплуатацию измерительного комплекса бета-гамма-СИЧ» в рамках задания ГНТП «Радиационная безопасность».

Таблица

Сравнительные результаты определения отношения суммарного числа отсчетов, обусловленного содержанием изотопа Sr-90 для спектров с различной статистической обеспеченностью

Время набора	Отношение суммарного числа отсчетов для спектров с разным временем измерения	Метод ИАТЭ		Метода аналитических представлений спектров	
		Отношение суммарного числа отсчетов	относительная погрешность, %	Отношение суммарного числа отсчетов	относительная погрешность, %
300	0,1429	0,157	9,99	0,146	2,09
600	0,2857	0,308	7,96	0,291	1,94
900	0,4286	0,452	5,53	0,433	1,11
1500	0,7143	0,762	6,62	0,719	0,61

Литература

1. Техничко-экономическое обоснование на НИОКР по теме «Разработать и изготовить экспертный бета-гамма-СИЧ» / Международный институт по радиоэкологии им. А.Д. Сахарова, 1997.
2. В.П. Романцов, В.А. Черкашин. Спектрометрия гамма- и бета-излучения. Лабораторный практикум по курсу «Радиационная безопасность ЯЭУ». – Обнинск, ИАТЭ, 1996, - 102с.
3. С.А. Толстов, В.А. Муравский. Проверка адекватности моделей, используемых при оценке активностей радионуклидов по сцинтилляционному спектру. // Мат. Международного симпозиума «Актуальные проблемы дозиметрии». Минск, 1999. С.29.
4. М. Хаджинов, С.И. Галко. Обработка сигналов спектров, полученных при помощи бета-гамма-СИЧ. // Третья международная конференция молодых ученых «Экологические проблемы XXI века». Под общ. ред. А.А. Милогина. – Минск: Триолета, 2000. – с.89
5. Р.В. Хемминг. Численные методы для научных сотрудников и инженеров: Пер. с англ. - М.: Наука. 1972.
6. Галко С.И., Хаджинов Е.М. Разработка измерительного комплекса «Экспертный бета-, гамма-СИЧ». // Материалы международной конференции молодых ученых и студентов «Сахаровские чтения 2001 года: экологические проблемы XXI века» Минск: Триолета, 2001 – с.67
7. Разработать экспертный бета-гамма-СИЧ. Отчет по НИР (заключительный) /МЭУ им. Сахарова/: Руководитель к.т.н. В.А. Чудаков. – Мн., 2000. – 138с.