

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ НА ФОРМУ СПЕКТРА

А.В. Белогуб, В.В. Белогуб, проф. А.И. Поворознюк
(представил д.т.н., проф. В.М. Михайлов)

В статье освещаются проблемы, возникающие при решении задачи классификации вещества по его спектру, полученному в результате спектрометрии, а именно: вопрос, связанный с изменением формы спектра при повышенной интенсивности излучения.

Форма спектра зависит и от того, каким из видов детектора гамма-излучения мы пользуемся. Основные принципы работы детектора на основе сцинтиллятора - фотодиода: при взаимодействии гамма - кванта со сцинтиллятором возникают фотоны, количество которых прямо пропорционально энергии гамма – кванта. Часть этих фотонов достигает фотодиода и преобразуется в электрический сигнал. Доля фотонов, которая, в конечном счете, преобразуется в электрический сигнал, подчиняется закону распределения Гаусса [1].

Во многих практических случаях при контроле радиационной обстановки происходит значительное изменение интенсивности облучения. В результате спектр, полученный на выходе спектрометра, искажается. Поэтому зависимость формы спектра от интенсивности представляет практический интерес. На рис.1 представлен спектр изотопа Cs137, полученный в течении одного и того же времени (60 сек.).

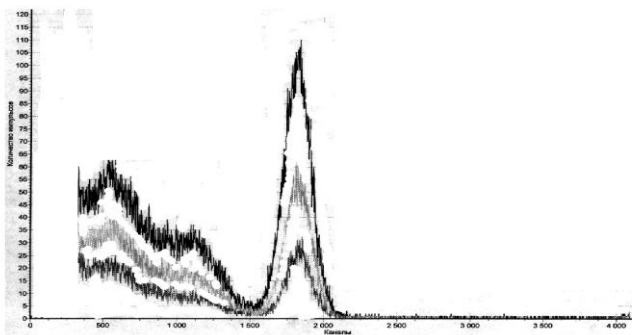


Рис.1. Спектр изотопа Cs137 при разной интенсивности

Гамма - кванты, регистрируемые в детекторе, в конечном счете, преобразуются в электрический импульс с определенными временными параметрами, в так называемый гауссовский и полугауссовский импульс.

Причина зависимости формы спектра от интенсивности излучения состоит в следующем: если поток гамма - квантов достаточно велик, то импульсы начинают накладываться друг на друга и их амплитуда искажается. Искажение состоит в следующем: два и больше импульсов одновременно попадают на приемную часть детектора. В результате они регистрируются как один импульс с энергией, равной сумме энергий этих импульсов.

В детекторе со сцинтилятором CsJ(TL) гамма - кванты в конечном счете преобразуются в полугауссовский импульс со временем нарастания $\tau = 6$ мкс. Этот параметр и определяет при какой интенсивности спектр начинает искажаться. Чем короче импульс (меньше время высвечивания τ), тем больше интенсивность излучения, при которой спектр регистрируется без искажения. Оценить необходимость коррекции спектров можно по дополнительному параметру, по интенсивности. Интенсивность равна количеству гамма - импульсов в секунду.

При увеличении интенсивности, кроме появления мнимого пика, сам пик полного поглощения уширяется (как и при температурных изменениях [2]). Поэтому, кроме коррекции, необходимой в результате повышенной интенсивности излучения, необходимо учитывать температурную коррекцию, если она необходима. На рис. 2 представлен пик полного поглощения при различных интенсивностях излучения, приведенных к одному масштабу.

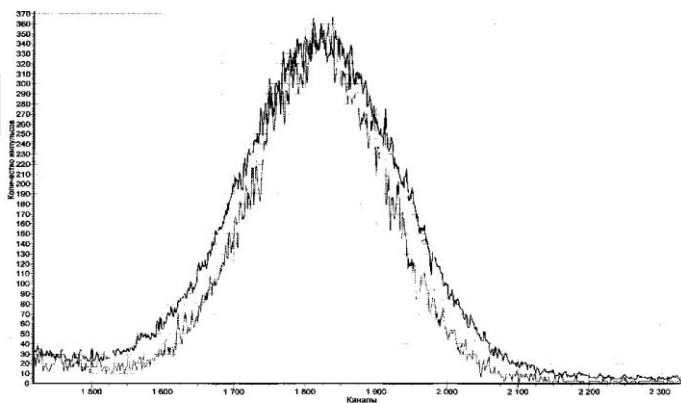


Рис.2. Изменение формы пика полного поглощения при разной интенсивности излучения

Кроме расширения пиков спектров присутствует мнимый спектр в об-

ласти энергий, равной двойной энергии реального спектра (рис. 3). Чем

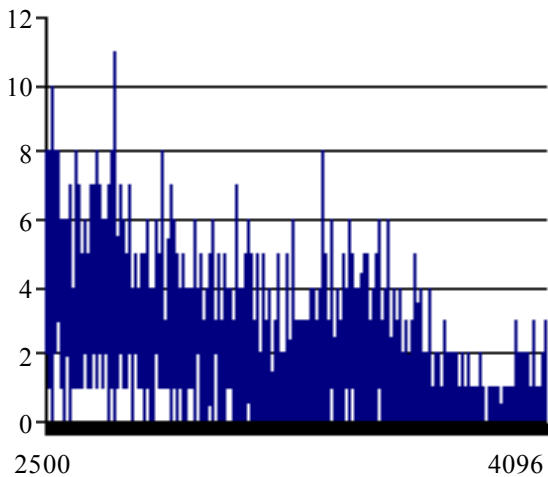


Рис.3. Мнимый спектр в области энергий, равных удвоенной энергии пика полного поглощения

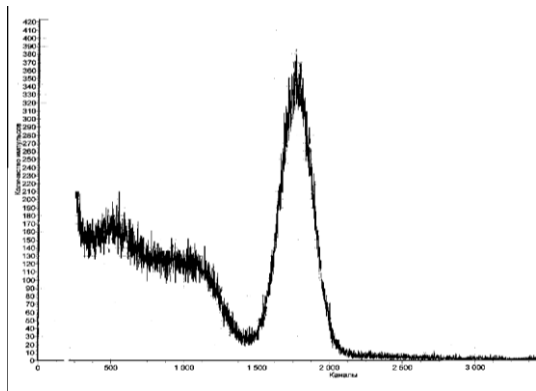


Рис.4. Спектр изотопа цезия - 137 при интенсивности 4461 импульсов в секунду

выше интенсивность, тем больше амплитуда мнимого спектра. В результате при выделении отдельных изотопов из смеси может возникать ошибка при получении результата классификации изотопов по характеристикам их спектров. Если нам нужно определить состав радиоактивной смеси, то мы пользуемся алгоритмом, представленным в [3]. Но предполагается, что нахождение пиков полного поглощения будет производиться, начиная с областей с большей энергией, т.е. справа налево. Если распознавание вести слева направо, то импульсы одного изотопа с пиком полного поглощения в областях больших энергий, например, цезий - 137 (рис.4), зарегистрированные в результате действия комптоновского эффекта, могут накладываться на пик полного поглощения другого изотопа, например, америция, и в результате неверно определим долю данного изотопа в смеси, что повлечет за собой последующие ошибки. Однако, если проводить анализ справа налево, необходимо учитывать изменение формы спектра при увеличении интенсивности излучения. Например, если мнимый спектр наложится на спектр реальный с большей энергией (например, Cs137 на Co60), то это увеличит интенсивность излучения Co60 по сравнению с реальной, что

также повлечет за собой ошибку в определении результата.

Интенсивность излучения определим, как площадь под кривой спектра.

$$S = \sum_i \mathbf{x}_i, \quad (1)$$

где $i = \overline{1, N}$ – номер канала; \mathbf{x}_i – количество импульсов, зарегистрированных в i -м канале.

Если интенсивность S больше порогового, то следует учитывать и наличие мнимого пика. Причем, чем больше интенсивность, тем значительнее влияние мнимого пика и сильнее расширение пика полного поглощения. При этом следует проверять область с энергией $2 \cdot E$, и, если там есть пик, то по эталонам спектров нужно исключать мнимую часть спектра и проводить необходимую коррекцию ширины пика полного поглощения.

Теоретически может быть определено изменение формы спектра при увеличении интенсивности, если известен спектр при каждой интенсивности.

При очень большой интенсивности излучения спектр, полученный в результате измерений, может полностью терять свою форму и превращаться в шум, после чего работа со спектром становится невозможной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Н.Г. Методы ядерной спектрометрии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.
2. Белогуб А.В., Белогуб В.В., Поворознюк А.И. Классификация веществ по характеристикам их спектров // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2001. – № 114. – С. 3 - 6.
3. Белогуб А.В., Белогуб В.В., Поворознюк А.И. Распознавание изотопов по характеристикам их спектров // Вестник ХГПУ. – Харьков : ХГПУ. – 2000. – № 102. – С. 9 - 12.

Поступила в редколлегию 05.10.2001
