

18/15 -

0-572

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

3 - 5184



А.А. Омеляненко, И.М. Столетова, Е.Н. Матвеева

ЛИБРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

ЖИДКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ  
ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ  
И ГАММА-КВАНТОВ  
ПО ФОРМЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ

1970

3 - 5184

А.А. Омеляненко, И.М. Столетова, Е.Н. Матвеева

**ЖИДКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ  
ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ НЕЙТРОНОВ  
И ГАММА-КВАНТОВ  
ПО ФОРМЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ**

Направлено в ПТЭ

Для детектирования и спектрометрии нейтронов в последнее время большое значение приобрел метод разделения частиц по форме импульсов с использованием различных жидких органических сцинтилляторов (ЖС).

Как известно, хорошие результаты по разделению нейтронов и  $\gamma$ -квантов в детекторах с жидкими сцинтилляторами получены с использованием ЖС фирмы Nuclear Enterprises (G.B) Ltd типа NE 213 и NE 321. Так, в работе<sup>/1/</sup> сообщалось о том, что, применяя ЖС NE 213, можно получить энергетический порог разделения протонов отдачи и электронов не хуже 5 кэВ по энергии  $\gamma$ -квантов. В работе<sup>/2/</sup> для этого ЖС приводится коэффициент относительного разделения нейтронов и  $\gamma$ -квантов  $M = 3$  для энергий протонов отдачи  $1 \text{ МэВ} < E_p < 30 \text{ МэВ}$  (диапазон энергий  $\gamma$ -квантов  $0,5 \text{ МэВ} < E_\gamma < 10 \text{ МэВ}$ ) и  $M = 2$  для  $E_p < 1 \text{ МэВ}$ . Здесь  $M = \Delta / (\delta_1 + \delta_2)$ , где  $\Delta$  - расстояние между протонным и электронным пиками,  $\delta_1$  и  $\delta_2$  - полные ширины пиков на полувысоте. ЖС NE 321, описанный Джексоном и Томасом<sup>/3/</sup>, в смеси с триметилборатом применяется для разделения медленных нейтронов и  $\gamma$ -квантов. Ранее одним из авторов сообщалось<sup>/4/</sup>, что на ЖС NE 321 методом сравнения компонент было получено эффективное разделение этих частиц. Потери эффективности к нейтронам при разделении

не превышали 10%, а степень подавления  $\gamma$ -квантов составляла  $10^3$ . Аналогичные результаты приводятся в работе <sup>/5/</sup>.

Были разработаны также некоторые типы ЖС советского производства, которые могут быть использованы для целей  $n-\gamma$ -разделения <sup>/6,7/</sup>. Лучший из них, ЖС-6, по данным работы <sup>/7/</sup>, имеет  $M = 1,8$  для диапазона энергий  $3 \text{ Мэв} < E_p < 11 \text{ Мэв}$  ( $800 \text{ кэв} < E_\gamma < 4,5 \text{ Мэв}$ ). К сожалению, нет никаких данных о возможности применения какого-либо из этих ЖС для разделения медленных нейтронов и  $\gamma$ -квантов или низкоэнергетических протонов отдачи и электронов, т.е. о разделяющих свойствах этих ЖС в области энергий разделяемых частиц  $< 800 \text{ кэв}$  по энергии  $\gamma$ -квантов.

Нами проведены исследования разделяющих свойств некоторых из указанных ЖС для энергий  $\gamma$ -квантов  $< 800 \text{ кэв}$ . Эталонном служил образец ЖС NE 321. Сцинтилляторы приготавливались по различной рецептуре с использованием материалов различной степени чистоты. Контейнеры для измерений ( $d = 40 \text{ мм}$ ,  $h = 30 \text{ мм}$ ) были выполнены из кварца соответственно конструкции, описанной в работе <sup>/8/</sup>. В качестве отражателя использовалась  $\text{MgO}$ . Для удаления кислорода в барботере производилось "пробулькивание" ЖС аргоном в течение 10 мин., после чего обескислороженный ЖС вводился в заполненный аргоном контейнер. Удаление кислорода из ЖС непосредственно в контейнере не дает стабильных результатов измерений, т.к. испарение растворителя и выделение нафталина приводит к изменению состава сцинтиллятора. Исследования разделяющих свойств ЖС проводились с использованием метода двумерного анализа <sup>/9/</sup> на аппаратуре, обладающей для этих целей рядом преимуществ, главное из которых - низкие собственные пороги. Калибровка аппаратуры выполнена с точностью 15% с помощью источников  $\gamma$ -квантов  $^{187}\text{Cs}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и генератора точной амплитуды.

Ниже графически представлены результаты исследований.

На рис. 1 приведены спектры разделения нейтронов и  $\gamma$ -квантов от  $\text{Po-Be}$  источника для энергий  $\gamma$ -квантов, соответствующих комптоновскому краю источника  $^{187}\text{Cs}$ . Здесь и далее по оси "X" откладываются номера каналов анализатора, по оси "Z" - счёт в относительных единицах. Спектр 1 - одномерный спектр разделения для кристалла стибьбена с  $d = 30$  мм и  $h = 15$  мм. Спектр 2 соответствует аналогу ЖС-6, приготовленному на основе  $\alpha$ -метилнафталина с добавкой  $\alpha$ -NPO (5 г/л). Спектр 3 - спектр разделения для ЖС NE 321 в контейнере с  $d = 70$  мм и  $h = 40$  мм.

Как видно из рис. 1, при энергии  $\gamma$ -квантов, соответствующей комптоновскому краю  $^{187}\text{Cs}$  (и выше), данные сцинтилляторы обнаруживают хорошие разделяющие свойства ( $M \geq 1,3$ ), причем разделение нейтронов и  $\gamma$ -квантов с кристаллом стибьбена и сцинтиллятором NE 321 лучше, чем с аналогом ЖС-6.

✓ На рис. 2 даны спектры разделения ЖС, приготовленных на различной растворяющей основе для энергий  $\gamma$ -квантов  $\approx 30$  кэВ. Эталон NE 321 представлен спектром 4. Спектры 1,2,3 соответствуют ЖС, составленным по рецепту: 77,1% моноизопропилдифенила, 21,7% нафталина, 1,2% дифенилантрацена.

Из приведенных спектров видно, насколько важна технология изготовления и очистки компонентов, составляющих ЖС. Так, отличия в спектрах 1 и 2 вызваны различным качеством растворителя - моноизопропилдифенила, а в спектрах 1 и 3 - различной степенью очистки нафталина. Для изготовления ЖС (спектр 3) использовался нафталин, очищенный методом зонной кристаллизации с применением кристаллической затравки/10/.

Спектры 5,6,7 получены для ЖС, в которых в качестве растворителя использовался  $\alpha$ -метилнафталин. Спектр 5 - для ЖС, приготовленно-

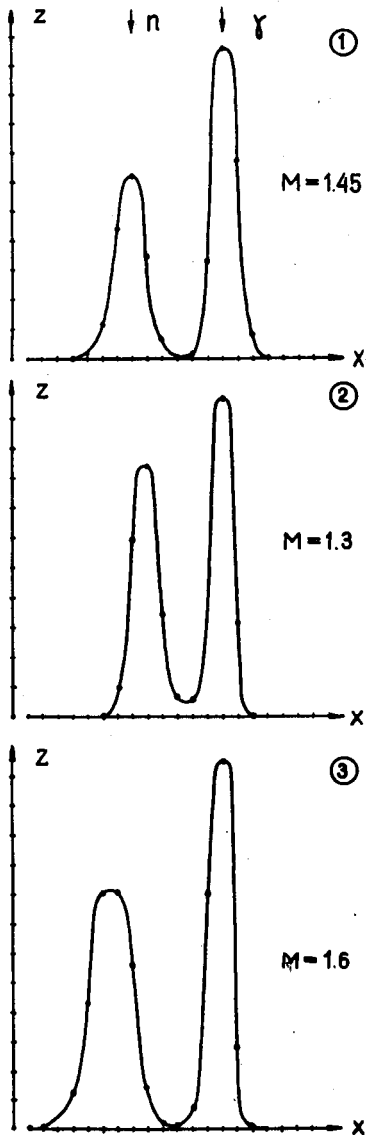


Рис. 1. Спектры разделения нейтронов и  $\gamma$ -квантов от Po-Be источника для энергий  $\gamma$ -квантов, соответствующих комptonовскому краю источника  $^{137}\text{Cs}$ , кристаллом стибьбена (1), аналогом ЖС-6 (2) и NE 321 (3).

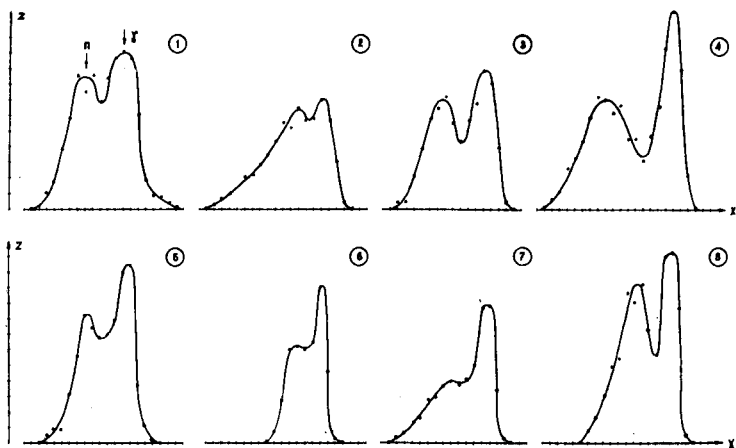


Рис. 2. Спектры разделения нейтронов и  $\gamma$ -квантов от  $Po-Be$  источника различными ЖС (1-7) и кристаллом стильбена (8) для энергии  $\gamma$ -квантов 30 кэв.

го по приведенному выше рецепту с заменой моноизопропилдифенила на  $\alpha$ -метилнафталин. Спектр 7 - для аналога ЖС-6 и спектр 6 - для аналога ЖС-6 с добавлением 27% нафталина.

Из рис. 2 видно, что наиболее близким по разделяющим свойствам аналогом NE 321 является ЖС, представленный спектром 3.

На рис. 3 даны спектры разделения для ЖС с бором. Эти ЖС использовались для разделения медленных нейтронов и  $\gamma$ -квантов. Медленные нейтроны получались от Po-Be источника, окруженного слоем парафина толщиной 10 см. Для приготовления таких ЖС были взяты составы с лучшими разделяющими свойствами (спектры 3,5,7 рис. 2). ЖС с бором соответствовали следующим рецептам: 31,3% моноизопропилдифенила, 47,5% триметилбората, 20% нафталина и 1,2% дифенилантрацена (1, рис. 3); 30,6%  $\alpha$ -метилнафталина, 46,3% триметилбората, 21,9% нафталина и 1,2 дифенилантрацена (2, рис. 3), 53%  $\alpha$ -метилнафталина, 47% триметилбората, 5 г/л  $\alpha$ -NPO (3, рис. 3).

Лучшие характеристики имеет аналог NE 321 (1, рис. 3): в области  $\alpha$ -пика реакции  $^{10}\text{B}(n, \alpha)$  для него получен коэффициент относительного разделения медленных нейтронов и  $\gamma$ -квантов  $M = 0,8 \pm 0,9$ . Это несколько хуже результатов, полученных нами для NE 321 без бора ( $M = 1,1$ ), но совпадает с данными, приведенными в работах <sup>1,2,5/</sup> для NE 321A (с бором).

Таким образом, проведенные исследования показали, что технология приготовления сцинтилляторов и степень очистки составляющих их компонентов играют большую роль в эффективности метода  $n$ - $\gamma$ -разделения.



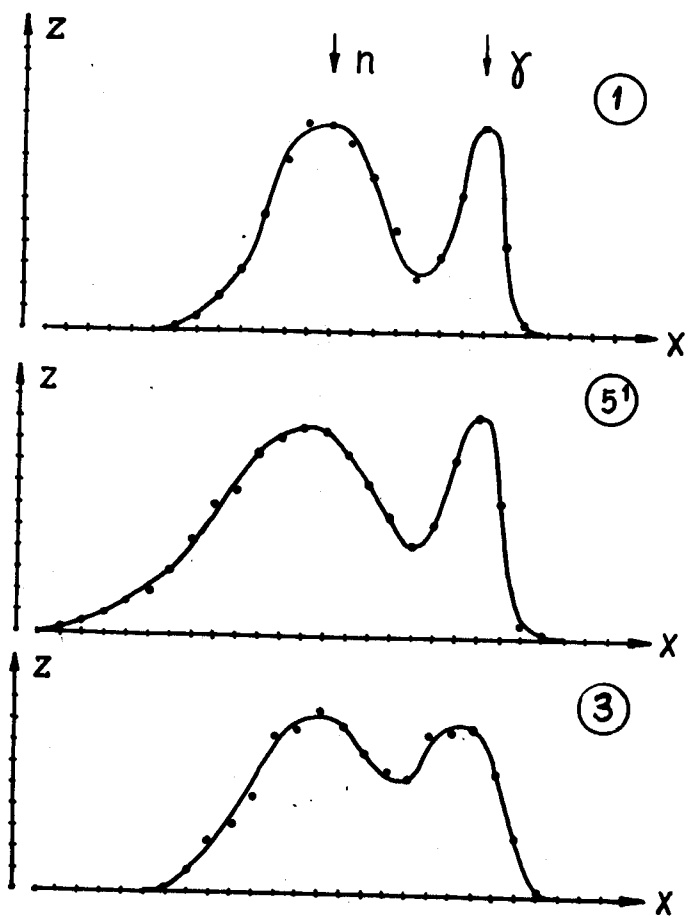


Рис. 3. Спектры разделения медленных нейтронов и  $\gamma$ -квантов ЖС с бором: аналогом NE 321 (1), ЖС на основе  $\alpha$ -метилнафталина (2 и 3).

## В ы в о д ы

1. Проведены исследования разделяющих свойств ряда ЖС и показана возможность их использования в области низких энергий разделяемых частиц.

2. Изучено влияние технологии изготовления некоторых компонентов ЖС на их разделяющие свойства.

3. На материалах советского производства составлен сцинтиллятор, близкий по свойствам к NE 321, который при добавлении триметилбората может быть использован для разделения медленных нейтронов и  $\gamma$ -квантов.

В заключение авторы благодарят В.Ф. Подужайло и Г.С. Беликову за предоставление реактивов высокой степени очистки; В.Г. Николенко, Л.Б. Пикельнера и Ю.В. Рябова за консультации, а также сотрудников измерительного центра ЛНФ за подготовку анализаторов.

## Л и т е р а т у р а

1. B. Sabbah and A. Suhami, NJM 58, 102 (1968).
2. R.N. St. Onge and J.A. Lockwood, NJM 69, 25 (1969).
3. H.E. Jacson and G.E. Thomas, NJM 36, 419 (1965).
4. А.А. Омеляненко. Труды семинара по ядерной электронике, г. Варна, НРБ, 1-12 июня 1969 г., стр. 129.
5. Trochon, M. Asgar, B. Lucas et P. Ribon, NJM 69, 25 (1969).
6. Л.Е. Грудская, В.Ф. Подужайло, Ю.А. Цирлин. ПТЭ, №6, 73 (1968).
7. Л.Е. Грудская, В.Ф. Подужайло, Л.Г. Гвоздева. Сб. "Монокристаллы, сцинтилляторы и органические люминофоры". ВНИИ монокристаллов, вып. 3, Харьков, 1968 г., стр. 157.
8. Э.Н. Каржавина, И.М. Столетова. Препринт ОИЯИ, 2009, Дубна, 1965.

9. А.А. Омеляненко. Препринт ОИЯИ, Р13-4050, Дубна, 1970.
10. Г.С. Великова, Н.С. Тихомирова, В.И. Серенков, М.С. Акутин. Пластические массы, №8, 41 (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 июня 1970 года.