

УДК 539.1.074.3:544.27  
PACS number(s): 29.40.Mc

## СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРОМЕТРИЧНИХ ТА РАДІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІДИННИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ

**Т. Горбачова, О. Бедрік, Е. Кожурова, Ю. Видай,  
В. Шершуков, В. Тарасов**

*Інститут сцинтиляційних матеріалів  
НТК “Інститут монокристалів” НАН України  
пр. Леніна, 60, 61001 Харків  
e-mail: gorbacheva@isc.kharkov.com*

Досліджено спектрометричні та радіометричні параметри розроблених рідинних сцинтиляторів під час реєстрації іонізуючих випромінювань. Використані в рідинному сцинтиляторі основи та люмінесцентні домішки, в відповідному концентраційному співвідношенні, дали підстави одержати його високі сцинтиляційні параметри та необхідні технічні властивості. Застосування як основи розробленого рідинного сцинтилятора вазелінової олії забезпечило його слабколетючість і низьку собівартість. Використання в рідинній матриці двох матеріалів (третбутилтолуолу і вазелінової олії) дало змогу одержати високоефективні рідинні сцинтилятори з високою прозорістю та пожежебезпечністю.

*Ключові слова:* рідинний сцинтилятор, люмінесценція, світловий вихід, пік/долина.

Застосування радіоактивних ізотопів у біології, хімії, медицині потребують удосконалення сцинтиляційних матеріалів для реєстрації іонізуючих випромінювань. Як відомо, для реєстрації таких випромінювань сцинтиляційним методом використовуються як кристалічні, так і рідинні сцинтилятори [1]. Рідинні сцинтилятори (РС) мають низку особливостей і переваг, що дають змогу застосовувати їх для різних цілей і в низці випадків там, де кристалічні сцинтилятори виявляються непридатними. Рідинні сцинтилятори мають дуже короткий час висвітлення, можуть застосовуватися в необмежених обсягах, введенням джерела випромінювання в рідинний сцинтилятор може бути досягнута  $4\pi$ -геометрія при реєстрації випромінювання.

Рідинний сцинтилятор – це багатокомпонентна система, що містить у собі рідинну основу, яка складається з одного або декількох розчинників, а також люмінесцентної домішки. Як відомо, основними вимогами до рідинних сцинтиляторів також є висока прозорість, сцинтиляційна ефективність, екологічність, пожежебезпечність та невисока вартість.

З огляду на ці вимоги, ми створили РС, що містять як первинну основу розчинника, висококиплячу вазелінову олію, вторинним розчинником є ароматична сполука

третбутилтолуол (ТБТ). Люмінесцентною домішкою (ЛД) слугує 2-(4-біфеніліл)-5-фенілоксазол (ВРО). Зміщувачем спектра використовується похідне 1,4-біс (2,5-фенілоксазоліл-бензолу) (РОРОРу). Рідинні складові основи мають високі температури спалаху  $60^{\circ}\text{C}$  для третбутилтолуолу та  $150^{\circ}\text{C}$  для вазелінової олії, що забезпечує пожежну безпечність розроблених РС.

В РС первинним джерелом флуоресценції є органічна частина рідинної складової, яка ефективно передає енергію збудження люмінесцентній домішці. Відомо, що для підвищення енергетичного виходу люмінесценції сцинтиляційних розчинів у композицію додають розчинник, нижчий енергетичний рівень якого розміщується нижче ніж в основного розчинника, але вище ніж у люмінофора, який застосовують [3].

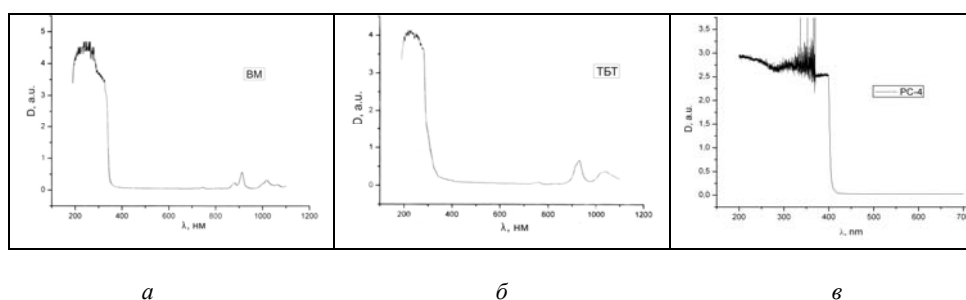


Рис. 1. Залежність оптичної щільності від довжини хвилі для вазелінової олії (а), третбутилтолуолу (б) та для рідинного сцинтилятора №4 (в)

Енергія, яка поглинається неефективним розчинником (вазеліною олією), передається до ТБТ (він поглинає і частину енергії яка виділяється у розчин), від нього вона переходить до сполуки, яка флуоресцює (люмінесцентної домішки). Активатори (ЛД) мають флуоресценцію в короткохвильовій області спектра, яка далека від максимальної області чутливості фотопомножувачів, тому для зміщення люмінесценції сцинтилятора в цю область в РС вводять зміщувачі спектра (у нашому випадку похідне РОРОРу). Вони перетворюють люмінесценцію активатора у випромінювання з більшою довжиною хвиль та зменшують можливість поглинання розчинником флуоресценції, яка випромінюється первинною домішкою (активатором) тобто зменшують самопоглинання. Спектр поглинання зміщувача спектра мусить перекриватися зі спектром випромінювання активатора, що і забезпечує ефективність перенесення енергії збудження від основної домішки до зміщувача спектра. Введення похідних РОРОРу в композицію зміщує спектр випромінювання в область 425–430 нм, де основа практично не поглинає.

Було визначено залежність оптичної щільності ( $D = \lg I_0/I$ ) від довжини хвилі.

З рисунків видно, що розчинники та РС в області особливої чутливості ф.е.п. мають високу прозорість.

Вимірювання сцинтиляційних параметрів проводилися за допомогою амплітудного аналізатора й фотоелектронного помножувача (ф.е.п.) типу R-1307 фірми “Hamamatsu”, що має максимум чутливості в діапазоні довжин хвиль  $\lambda = 300\text{--}650$  нм.

Рідинні сцинтилятори розміщувалися в однакових скляних кюветах і мали розміри: висота – 3см, діаметр – 2см, які були в оптичному контакті з ф.е.п.

Вимірювання проводили при часі збору сигналу  $\tau = 1$  мкс. Як еталонний рідинний сцинтилятор використовували сцинтилятор РС-1 на основі толуолу з домішками *n*-терфеніл (4г/л) і РОРОу (0,1 г/л).

На рис. 2 показано амплітудні спектри імпульсів еталона РС-1 і розробленого рідинного сцинтилятора при реєстрації конверсійних електронів від радіонукліда Cs-137 з енергією 624 кеВ.

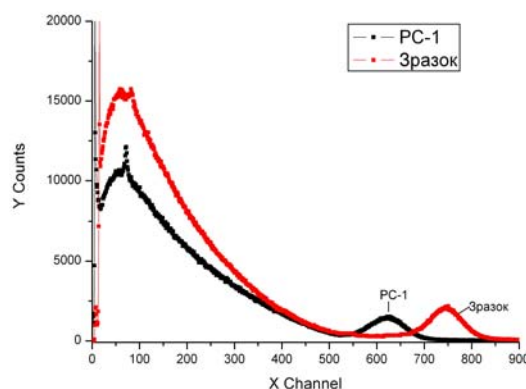


Рис. 2. Амплітудні спектри імпульсів еталона РС-1 і досліджуваного зразка №4 при реєстрації конверсійних електронів від радіонукліда Cs-137 з енергією 624 кеВ

Було виготовлено чотири зразки РС (№ 1, 2, 3, 4). Зразки № 1 та № 3 не мали змішувача спектра, а зразки № 2 та № 4 відрізняються один від одного концентраційним співвідношенням компонентів сцинтилятора.

У таблиці наведені результати вимірювання світлового виходу та пік/долини зазначених зразків під час реєстрації конверсійних електронів від радіонукліда Cs-137 з енергією 624 кеВ. Значення пік/долини характеризує собою відношення числа імпульсів у фотопіку амплітудного спектра імпульсів  $N_p$  до числа імпульсів у долині  $N_d$ , тобто  $N_p/N_d$ .

Отже, отримано вискоефективні РС, які можна використовувати для реєстрації іонізуючого випромінювання. Розроблені рідинні сцинтилятори мають світловий вихід від 111 до 125% щодо еталону РС-1 при реєстрації конверсійних електронів від радіонукліда Cs-137 з енергією 624 кеВ.

Застосування як основи розробленого рідинного сцинтилятора вазелінової олії забезпечило його малолетючість і низьку собівартість.

Застосування як рідинної матриці двох матеріалів (третбутилтолуолу і вазелінової олії) дало змогу одержати вискоефективні РС, що володіють високою прозорістю та пожежобезпечністю.

Сцинтилятор	Люмінофор		Розчинник		Пік/долина	Світловий вихід, %
	Первинний	Змішувач спектру	Первинний	Вторинний		
РС-1 (еталон)	п-тер-феніл	РОРОР	толуол	–	3,5	100
1	ВРО	–	ВО	ТБГ	3,88	115,7
2	ВРО	ДТБ РОРОР	ВО	ТБГ	3,0	111,4
3	ВРО	–	ВО	ТБГ	3,9	118
4	ВРО	ДТБ РОРОР	ВО	ТБГ	3,0	125

\*В таблиці представлені результати вимірювання світлового виходу та пік/долини зазначених зразків при реєстрації конверсійних електронів від радіонукліда Cs-137 з енергією 624 кеВ. ДТБ РОРОР - дитретбутил РОРОР; ВО – вазелінова олія.

Використовування у складі рідинного сцинтилятора відповідного концентраційного співвідношення основи і його домішок дало змогу одержати досить високий світловий вихід та значення пік/долини при реєстрації конверсійних електронів.

1. *Галунов Н.З., Семиноженко В.П.* Теория и применение радио-люминесценции органических конденсированных сред. К.: Наукова думка, 1997. 280 с.
2. *Красовицкий Б.М., Болотин Б.М.* Органические люминофоры. М.: Химия, 1984. 336 с.
3. *Салимгареева В.Н., Колесов С.В.* Пластмассовый сцинтилятор на основе полиметилметакрилата // Приборы и техн. эксперим. 2005. № 3. С. 5–15.

#### THE DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF SPECTROSCOPIC AND RADIOMETRIC PARAMETERS OF LIQUID SCINTILLATORS

**T. Gorbacheva, A. Bedrik, E. Kozhyrova, Yu. Vidayj, V. Shershukov, V. Tarasov**

*Institute for Scintillation Materials  
STC "Institute for Single Crystals" of NAS of Ukraine  
60 Lenine Ave., 61001 Kharkov, Ukraine*

Spectroscopic and radiometric properties of liquid scintillators developed in STC "Institute for Single Crystals" are studied experimentally. The bases and luminescent dopes used in liquid scintillator in proper rate of mixture allowed us to obtain its scintillation parameters and required technical properties. The scintillator is based on a vaseline oil which ensures its volatility and moderate prime cost. The use of liquid matrix consisting of two

materials – tertbutyltoluol and vaseline oil allowed us to obtain high-efficient liquid scintillators which exhibit high transparency and fire resistance.

*Key words:* liquid scintillator, luminescence, light yield, peak/valley.

## СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ И РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКОСТНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

**Т. Горбачева, О. Бедрик, Е. Кожурова, Ю. Выдай, В. Шершуков, В. Тарасов**

*Институт сцинтилляционных материалов  
НТК “Институт монокристаллов” НАН Украины  
пр. Ленина, 60, 61001 Харьков*

Исследовано спектрометрические и радиометрические параметры разработанных жидкостных сцинтилляторов при регистрации ионизирующих излучений. Используемые в жидкостном сцинтилляторе основы и люминесцентные примеси, в соответствующем концентрационном соотношении, дали возможность получить высокие сцинтилляционные параметры и необходимы технические свойства. Применение в качестве основы разработанного жидкостного сцинтиллятора вазелинового масла обеспечило его слаболетучесть и низкую себестоимость. Использование в жидкостной матрице двух материалов (третбутилтолуола и вазелинового масла) дало возможность получить высокоэффективные жидкостные сцинтилляторы с высокой прозрачностью и пожаробезопасностью.

*Ключевые слова:* жидкостный сцинтиллятор, люминесценция, световой выход, пик/долина.

Стаття надійшла до редколегії 19.05.2008

Прийнята до друку 20.07.2009