

ис-726

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



3491/2-76

6/ix-76

12 - 9793

Л.Я.Жильцова, Е.Н.Матвеева, Т.Д.Пилипенко,  
О.Г.Рубина, И.М.Столетова, М.Д.Шаfranов

К ВОПРОСУ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЛОКОВ  
ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ  
БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ

**1976**

12 - 9793

Л.Я.Жильцова, Е.Н.Матвеева, Т.Д.Пилипенко,  
О.Г.Рубина, И.М.Столетова, М.Д.Шафранов

**К ВОПРОСУ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЛОКОВ  
ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ  
БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ**

Доклад на Всесоюзной конференции "Перспективы развития технологии, методов контроля и производства сцинтилляторов и сцинтилляционных детекторов в 10-й пятилетке" (Харьков, 1975).

Институт  
Физики  
Библиотека

Пластмассовые сцинтилляторы /ПС/ нашли широкое применение в различных областях науки и техники - биологии, медицине, в космических исследованиях, дефектоскопии, ядерной физике.

Общие требования, предъявляемые к ПС, - это высокий световой выход, прозрачность, малое время высвечивания. Две первые характеристики обеспечивают достаточную эффективность регистрации, последняя позволяет использовать ПС в схемах быстрых совпадений. Широкое применение ПС, перекрывающих значительные площади при их малой толщине, применение больших блоков для решения широкого круга задач, в особенности в физике высоких энергий и элементарных частиц, увеличивает требования на световой выход и прозрачность ПС<sup>/1/</sup>. Это, в первую очередь, относится к ПС, применяемым в детекторах полного поглощения и нейтронных<sup>/2/</sup>, в которых надо обеспечить идентичные и высокие сцинтилляционные характеристики не только от образца к образцу, но и в пределах одного образца или блока. Последнее вызвано необходимостью не только проведения регистрации случаев прохождения частиц через сцинтилляционный счетчик, но и измерения амплитуды сигналов, возникающих при развитии ядерного или электромагнитного каскада, т.е. измерения энергии, выделившейся в детекторе.

Существует несколько способов приготовления больших блоков ПС, из которых вырезаются пластины для изготовления сцинтилляционных детекторов<sup>/3-5/</sup>. При этом предполагается, что они по сцинтилляционным свойствам идентичны.

При полимеризации ПС больших объемов условия полимеризации в отдельных участках блока различны. Это может привести к различию в сцинтилляционных характеристиках в разных участках блока.

С целью изучения влияния условий полимеризации в разных участках одного блока на сцинтилляционные характеристики был заполимеризован образец полистирола  $400 \times 400 \times 300 \text{ мм}^3$ , температура двух участков которого контролировалась термодарами в течение всего процесса полимеризации. Одна из термодар находилась в центре, другая - на расстоянии 2 см от края блока. На рис. 1 приведены кривые изменения температуры

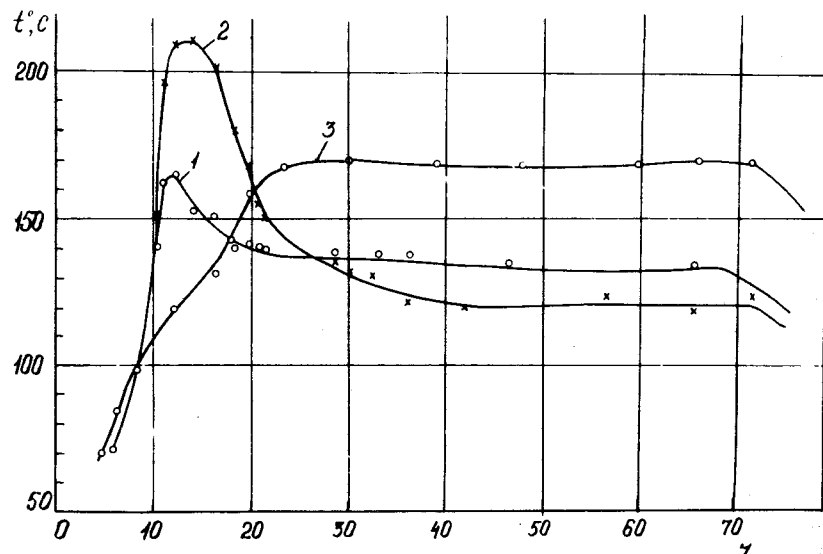


Рис. 1. Изменение температуры при полимеризации блока полистирола  $400 \times 400 \times 300 \text{ мм}^3$ . 1 - температура на расстоянии 2 см от края блока, 2 - температура в центре блока, 3 - температура термостата.

в этих точках и температура термостата в течение всего времени полимеризации блока. Из рисунка видно, что в момент максимальной скорости реакции полимеризации температура в центре блока на  $50^\circ \text{C}$  выше, чем по краям. Этот температурный перепад, вызванный быстрым возрастанием вязкости реакционной массы в результате образования полимера и плохой теплопроводностью полистирола, сохраняется в течение всего про-

цесса полимеризации блока. Следовательно, степень полимеризации участков блока ПС, обусловленная температурой, различна.

Из центральной части готового блока по всей длине был вырезан брусок  $50 \times 50 \times 400 \text{ мм}^3$ , который, в свою очередь, разрезался на 12 образцов. Для каждого образца определялся средний молекулярный вес  $(M_{\text{ср}})^{6/}$ , были сняты спектры пропускания и определены кривые молекулярно-взвешивания /МВР/  $^{17/}$ .

Исследование изменения  $M_{\text{ср}}$  в зависимости от расположения образцов по длине блока показало, что  $M_{\text{ср}}$  увеличивается к центру. С краев блока /на глубину 50-100 мм/  $M_{\text{ср}}$  составляет 200 000. В центральных частях  $M_{\text{ср}}$  составляет 300 000 - 350 000.

На рис. 2 приведены спектры пропускания исследованных образцов. Из рисунка видно, что пропускание образцов падает к центру блока.

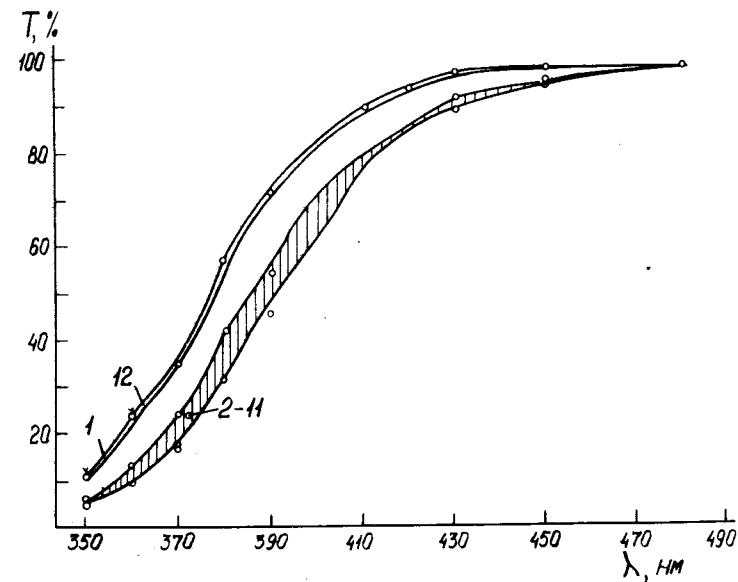


Рис. 2. Спектры пропускания образцов. 1, 12 - пропускание двух крайних пластин. Заштрихованная область - пропускание пластин 2-11.

Сцинтилляционная эффективность ПС зависит от среднего молекулярного веса: с увеличением молекулярного веса основы увеличивается сцинтилляционная эффективность <sup>14/</sup>. Как показано нами ранее, по мере уменьшения молекулярного веса уменьшается прозрачность основы в области 260-300 нм <sup>18/</sup>. Это показано на рис. 3.

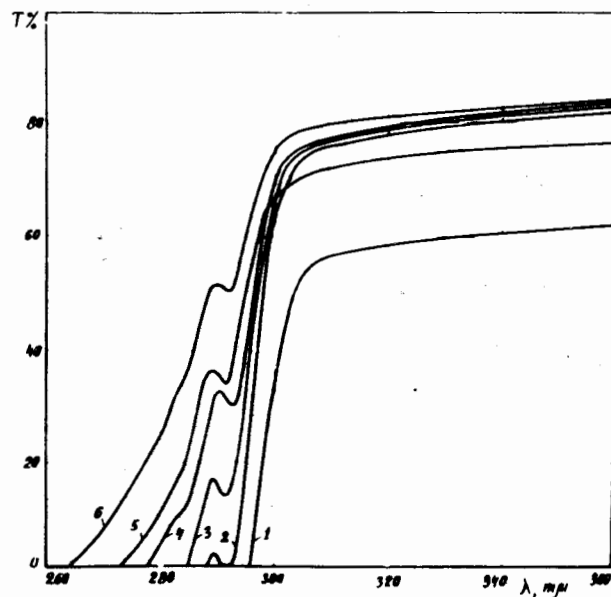


Рис. 3. Спектры пропускания пленок полистирола в зависимости от среднего молекулярного веса. Кривая 1 - мол. вес. 52000; 2 - 70000, 3 - 82000, 4 - 131000, 5 - 208000, 6 - 210000.

Уменьшение прозрачности свидетельствует о появлении дополнительных каналов поглощения энергии возбуждения ПС, приводящих к уменьшению светового выхода с уменьшением молекулярного веса основы. Зависимость между сцинтилляционной эффективностью и молекулярным весом связана с перераспределением энергии возбуждения от ионизирующего излучения между активатором и низкомолекулярными фракциями основы. Чем

меньше степень полимеризации основы, тем большая доля энергии возбуждения будет поглощаться низкомолекулярными ее фракциями.

Измерение светового выхода пленок ПС толщиной 50 мкм показало, что в центре блока он на 8-10% меньше, чем по краям. В связи с тем, что прозрачность в разных участках блока колеблется в широких пределах, количество света, поступающее на фотокатод фотоумножителя, будет различно.

Несмотря на то, что  $M_{cp}$  в центре блока выше, чем по краям, световой выход ПС из центра блока ниже. Для объяснения этого явления была исследована полидисперсность различных участков блока с помощью метода МВР. Интегральные кривые МВР образцов из центра и по краям блока приведены на рис. 4.

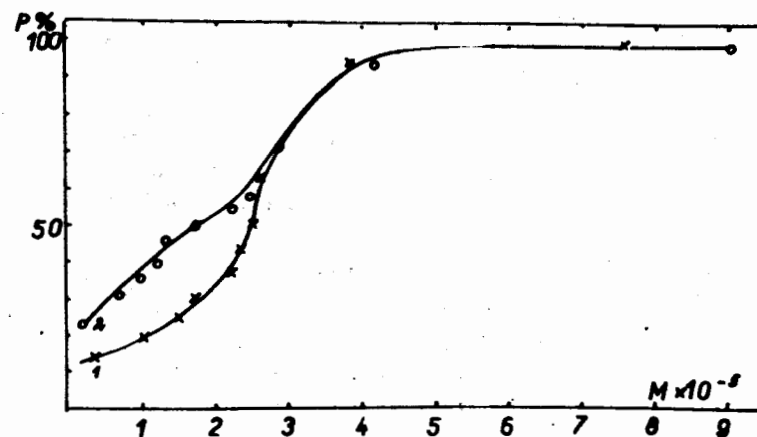


Рис. 4. Интегральные кривые МВР образцов по краям и в центре блока. Кривая 1 - край блока, 2 - его центр.

Как можно видеть из рисунка, в образце из центра блока содержится большее количество низкомолекулярных фракций, увеличивающих поглощение в ультрафиолетовой части спектра, чем в образце, взятом по краям блока. Увеличение поглощения и уменьшение светового

выхода в центре блока обусловлено большим содержанием низкомолекулярных фракций. Наблюдаемое увеличение полидисперсности по  $M_{ср}$  к центру блока можно объяснить тем, что более высокая температура в центральной части блока в начальной стадии полимеризации /см. рис. 1/ приводит к самоускорению полимеризации в этой части блока - геле-эффекту. Гель-эффект связан с быстрым увеличением вязкости среды в центральных областях блока и сопровождается повышением  $M_{ср}$  полимера. Снижение пропускания в центральных участках блока, по-видимому, следует отнести и за счет нарушения регулярности строения макромолекул полистирола, вызванного увеличением температуры. В центре блока характер сочетания звеньев на одних участках макромолекулы может быть отличен от порядка их взаимного расположения на других, что также приводит к изменению светопропускания.

Таким образом, метод МВР дает возможность оценить качество ПС, полученного в большом объеме. Так как свойства полистирольной основы в разных участках блока различны, то метод дает возможность сделать практические выводы по режиму полимеризации и по оптимальным размерам приготавливаемого блока.

На прозрачность ПС для собственного излучения существенное влияние оказывает и качество сцинтилляционных добавок.

Нами проведено исследование серийно выпускаемого П-терфенила. Сняты спектры пропускания растворов П-терфенила разных партий в хлороформе. Концентрация растворов - 0,5%, толщина слоя - 5 мм. Указанные спектры приведены на рис. 5. Из рисунка видно, что спектры пропускания П-терфенила отличаются от партии к партии. Для некоторых партий наблюдается поглощение в области максимума излучения П-терфенила. Улучшить пропускание П-терфенила низкого качества можно дополнительной очисткой - перекристаллизацией из спирто-бензольной смеси /1:2/. Исследование показало, что световой выход ПС толщиной 10 мм с перекристаллизованным и не перекристаллизованным П-терфенилом отличается ~ на 10%. Следовательно, не-

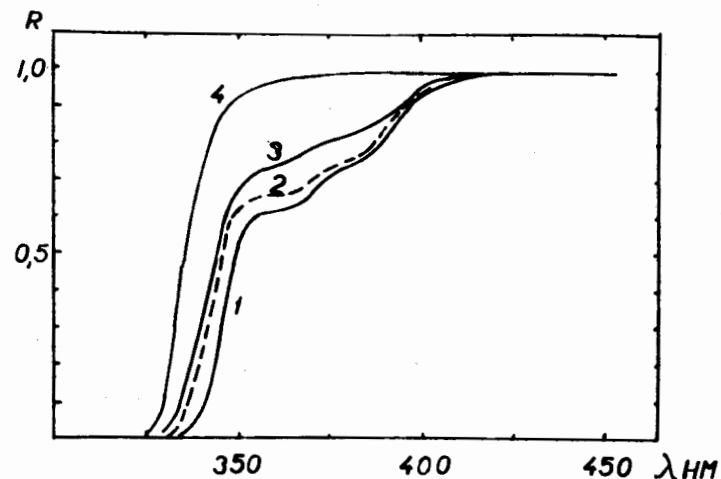


Рис. 5. Спектры пропускания растворов П-терфенила в хлороформе разных партий выпуска. Кривая 1 - январь 1969 г. - партия 2; кривая 2 - январь 1973 г. - партия 2; кривая 3 - июль 1970 г. - партия 14; кривая 4 - август 1968 г. - партия 11.

обходим постоянный контроль качества исходного сырья. Один из наиболее быстрых методов контроля качества - определение спектров пропускания. В случае необходимости следует производить дополнительную очистку как мономера стирола, так и сцинтилляционных добавок.

Режим полимеризации и размеры блоков необходимо подбирать в зависимости от требований, предъявляемых к ПС, и от условий их дальнейшей эксплуатации. Габариты отливаемых блоков не должны превышать размеров, затрудняющих теплоотвод. В этом случае можно свести к минимуму местные перегревы, благодаря чему уменьшится количество низкомолекулярных фракций и снизится вероятность нерегулярного строения макромолекул - факторов, неблагоприятно влияющих на сцинтилляционные характеристики ПС. Блоки ПС, приготовленные с учетом этих требований, были использованы при создании спектрометра с время-координатной компенсацией для больших сцинтилляторов. Эффективная длина

ослабления света в счетчике со сцинтиллятором на полистироле размером 1200 x 100 x 100 мм<sup>3</sup> составляет 120±15 см<sup>2</sup>/9/.

Для получения пластин ПС с идентичными и высокими сцинтилляционными свойствами полимеризацию лучше проводить не в большом блоке, а каждой пластины отдельно при  $t = 160^{\circ}$  с теплоотводом с обеих плоскостей.

### *Литература*

1. М.Д.Шафранов. ЭЧАЯ, т. 6, в. 3, 776 /1975/.
2. Б.Б.Говорков, В.С.Чукин. т. 3, в. 2, 765 /1972/.
3. К.А.Андреещев, Е.Е.Барони, К.А.Ковырзина, И.Э.Пани, И.М.Розман, В.И.Шония. ПТЭ, №1, 32, 1956.
4. В.Д.Безуглый, И.Г.Семенов, В.Г.Власов, В.С.Зубкова. "Сцинтилляторы и сцинтилляционные материалы", Харьков, 1963 г., стр. 13.
5. Л.Я.Жильцова, Е.Н.Матвеева, О.Г.Рубина, Т.Д.Пилипенко. ПТЭ, №1, 76, 1965.
6. Н.В.Шарыгина. Стирол. Госхимиздат, 1950.
7. Методы исследования полимеров. ИЛ, М., 1961.
8. М.Д.Шафранов, Л.Я.Жильцова, Е.Н.Матвеева, А.Ю.Климова. Журнал прикладной спектроскопии, т. XX, вып. 1, 163, 1974.
9. С.В.Рихвицкий, И.Н.Семенов, А.Н.Хренов. Препринт ОИЯИ, 13-8152, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 мая 1976 года.