

## ДЕТЕКТОРЫ РАДИАЦИОННОЙ ДОЗЫ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ

В.И. Попечиц

Научно-исследовательское учреждение "Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко" Белгосуниверситета. 220108, г. Минск, ул. Курчатова, 7; тел. 212-50-00; e-mail: [papechyts@bsu.by](mailto:papechyts@bsu.by)

Исследовано изменение электронно-колебательных спектров поглощения водных и твердых полимерных растворов двух различных красителей под влиянием гамма излучения  $^{60}\text{Co}$  для определения возможности использования таких трехкомпонентных растворов в качестве детекторов радиационной дозы по визуально регистрируемому изменению цвета раствора в зависимости от величины дозы гамма-излучения, воздействовавшей на раствор. Показано, что некоторые из исследованных многокомпонентных растворов обладают достаточно низким фэдингом и могут использоваться в качестве детекторов дозы и мощности дозы гамма излучения, в частности, при радиозоологическом мониторинге территорий и техногенных объектов.

### Введение

После аварии на Чернобыльской АЭС природная и техногенная среда на больших территориях подверглась существенному радиационному загрязнению. В этой связи возрос интерес к вопросам радиозоологического мониторинга окружающей человека среды. При проведении радиозоологического мониторинга используются различные методы и приборы современной радиационной физики и химии [1, 2].

Твердые и жидкие растворы органических красителей имеют интенсивные полосы поглощения и люминесценции в видимой области спектра и поэтому являются удобными модельными объектами для радиационных исследований [3, 4]. По необратимому уменьшению со временем интенсивности длинноволновой полосы поглощения раствора красителя под действием гамма-излучения можно определить величину радиационной дозы. Таким образом, раствор красителя (особенно обладающий низким фэдингом) является детектором радиационной дозы и может использоваться для радиозоологического мониторинга окружающей среды [5 – 7]. Такие детекторы просты в использовании, имеют низкую стоимость, не требуют источников питания. Однако, при проведении точных (с точностью до 3 %) измерений радиационной дозы с помощью раствора красителя необходимо записывать спектр поглощения облученного раствора. Визуально по обесцвечиванию раствора (на основе сравнения с предварительно построенной градуировочной цветовой шкалой) можно судить о величине интегральной радиационной дозы, воздействовавшей на раствор с точностью примерно 15% [6 – 8].

Для увеличения точности визуального определения интегральной радиационной дозы предложено использовать многокомпонентный раствор, состоящий из растворителя и нескольких красителей, поглощающих в различных спектральных участках видимой области спектра и обладающих различными скоростями радиационной деструкции. Такой раствор будет не только обесцвечиваться при облучении, т. е. уменьшать интенсивность окраски, но и изменять цвет, приближаясь к цвету раствора наиболее радиационно-стойкого красителя. Первоначальный цвет многокомпонентного раствора можно варьировать, изменяя концентрацию компонент. Практи-

чески, для приготовления многокомпонентного раствора достаточно использовать два красителя, один из которых поглощает в коротковолновой, а другой в длинноволновой области видимого спектра. При этом красители в данном растворе не должны химически взаимодействовать друг с другом и с продуктами радиационной деструкции.

### Основная часть

Спектральными методами исследовано влияние гамма-излучения  $^{60}\text{Co}$  на спектральные свойства водных и твердых трехкомпонентных растворов следующих спектроскопически чистых, поглощающих в длинноволновой области видимого спектра красителей: метиленовый голубой, кислотный ярко-голубой 3, малахитовый зеленый, кислотный зеленый антрахиноновый H2C, бриллиантовый зеленый и поглощающих в коротковолновой области видимого спектра красителей: флуоресцеин, фуксин, конго красный, кислотный алый, родамин-6Ж, родамин С, трипафлавин, эозин. Для получения твердых растворов применялся поливиниловый спирт (ПВС). Окрашенные пленки на основе ПВС приготавливались следующим образом: ПВС при нагревании растворялся в дистиллированной воде, затем добавлялись красители и, после полного их растворения, раствор тонким слоем наносился на горизонтально расположенную стеклянную подложку. В результате полимеризации ПВС образовывалась окрашенная полимерная пленка.

Оптическая плотность в максимуме длинноволновых полос поглощения свежеприготовленных необлученных водных растворов красителей не превышала 2,5; окрашенных пленок поливинилового спирта – 1,5.

Жидкие и твердые многокомпонентные растворы красителей в специальных кюветах облучались на гамма-установке "МРХγ-25М", в которой в качестве источника гамма-излучения используется  $^{60}\text{Co}$ . Мощность дозы облучения составляла 0,63 Гр/с. Непосредственно после облучения на спектрофотометре РВ 1251 "Solar" записывались спектры поглощения растворов. Погрешность измерений не превышала 3%.

Исследования проводились с целью выяснения радиационной стойкости красителей в растворах, механизмов радиационных процессов,

происходящих в растворах при гамма-облучении, а также возможности создания на основе многокомпонентных растворов красителей простых и удобных в применении, не требующих источников питания, а также дешевых детекторов дозы и мощности дозы гамма-излучения.

С увеличением времени облучения растворов, содержащих два красителя происходило уменьшение интенсивности длинноволновых полос поглощения красителей (со скоростью характерной для каждого красителя). Формы полос поглощения изменялись незначительно. В ультрафиолетовой спектральной области возникали полосы поглощения продуктов радиационной деструкции. Радиационное обесцвечивание растворов являлось необратимым. На рис. 1 в качестве примера представлены спектры поглощения необлученного и облученного в течение различного времени водного раствора, содержащего трипафлавин (максимум длинноволновой полосы поглощения  $\lambda_m = 445$  нм) и малахитовый зеленый ( $\lambda_m = 620$  нм) при комнатной температуре. Максимум спектра необлученного раствора нормирован к единице.

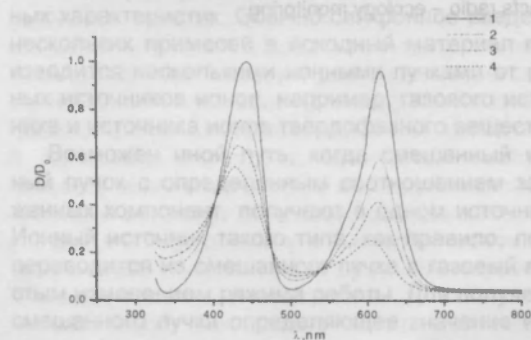


Рис 1. Спектры поглощения водного раствора трипафлавина + малахитовый зеленый: необлученный раствор (1), облученный в течение 5 (2), 10 (3), и 15 мин. (4).

Деструкция красителей в растворах под действием гамма-облучения происходила по экспоненциальному закону (см. рис 2).

Характерные величины радиационных доз необходимых для полуобесцвечивания водных растворов красителей имеют следующие значения (в  $\text{Гр} \cdot 10^2$ ): метиленовый голубой (3,3), кислотный ярко-голубой 3 (2,5), малахитовый зеленый (2,3), кислотный зеленый антрахиноновый H2C (2,5), бриллиантовый зеленый (6,3), флуоресцеин (2,7), фуксин (11), конго красный (4,5), кислотный алый (4,1), родамин-6Ж (5,6), родамин С (2,2), трипафлавин (5,7), эозин (8,6). Для твердых растворов данных красителей в матрице ПВХ характерные величины доз для полуобесцвечивания более чем на два порядка превосходят значения, указанные для водных растворов.

Для практического применения многокомпонентных растворов красителей в качестве детекторов радиационной дозы важно, чтобы растворы красителей обладали низким фэдингом, т.е. чтобы после прекращения воздействия гамма-излучения спектры поглощения практически не изменялись. Для определения фэдинга водных

растворов двух красителей были проведены исследования зависимости интенсивностей спектров поглощения наполовину обесцвеченных растворов (по красителю, поглощающему в длинноволновой области видимого спектра) в зависимости от времени хранения раствора в темноте (до 80 суток).

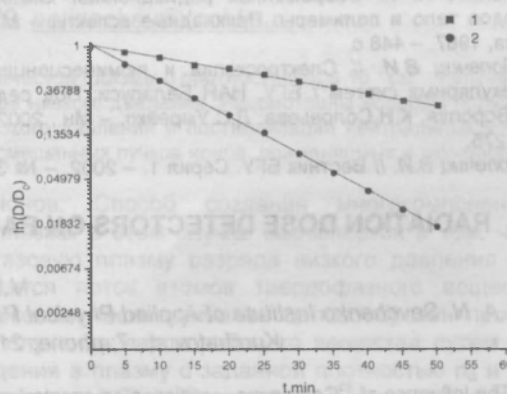


Рис. 2. Зависимость нормированной интенсивности поглощения в максимуме длинноволновых полос поглощения водного раствора фуксин (1) + метиленовый голубой (2) от времени облучения раствора (в минутах).

Наименьшим фэдингом обладали водные растворы: метиленовый голубой + кислотный алый, кислотный ярко-голубой 3 + родамин-6Ж, бриллиантовый зеленый + родамин С, метиленовый голубой + флуоресцеин, малахитовый зеленый + кислотный алый. В водных растворах этих пар красителей также не наблюдается химического взаимодействия красителей между собой и с продуктами радиационной деструкции. Поэтому водные растворы указанных пар красителей могут успешно использоваться для визуального определения радиационной дозы в диапазоне 30 – 5000 Гр, а окрашенные полимерные пленки – 3000 – 400000 Гр.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что многокомпонентные растворы красителей перспективны для использования в качестве детекторов радиационной дозы. Для практического применения достаточно нескольких капель раствора, помещенных в запаянный стеклянный сосуд. По визуально определяемому (на основе сравнения с предварительно построенной градуировочной цветовой шкалой) изменению цвета многокомпонентного раствора можно судить о величине интегральной радиационной дозы воздействовавшей на раствор. Точность такого визуального определения радиационной дозы, согласно проведенным оценкам, составляет примерно 8 – 10%. Таким образом, детекторы интегральной радиационной дозы на основе многокомпонентных растворов красителей очень дешевы и удобны в использовании.

Чтобы устранить деструкцию красителей под воздействием видимого и ультрафиолетового света, стеклянный сосуд с раствором или окрашенную полимерную пленку следует обернуть

черной бумагой или поместить в непрозрачный полиэтиленовый пакет.

#### Список литературы:

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы. – М.: Наука, 1985. – 375 с.
2. Пикаев А. К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты – М.: Наука, 1987. – 448 с.
3. Попечиц В.И. // Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем / БГУ. НАН Беларуси, Под ред. Е.С.Воропая, К.Н.Соловьева, Д.С.Умрейко. – Мн., 2002. – С. 275.
4. Попечиц В.И. // Вестник БГУ. Серия 1. – 2002. – № 3.

– С. 33.

5. Попечиц В.И. // Журнал прикладной спектроскопии. – 2003. – Т. 70, № 1. – С. 34 – 37.
6. Попечиц В.И. // Сахаровские чтения 2006 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 6 международной научной конференции. – Мн., 2006. – С. 101.
7. Попечиц В.И. // Дистанционное зондирование природной среды: теория, практика, образование: Материалы Ш Международной конференции. – Мн., 2006. – С. 76.
8. Попечиц В.И. // Экологические проблемы западного региона Беларуси: Сборник научных статей. – Гродно, 2007. – С. 191.

## RADIATION DOSE DETECTORS ON BASE OF MANY COMPOUNDS DYES SOLUTIONS

V.I. Popchits

A. N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems of Byelorussian State University. 220108, Minsk, Kurchatov st., 7; phone: 212-50-00; e-mail: [papechvts@bsu.by](mailto:papechvts@bsu.by)

The influence of  $^{60}\text{Co}$  gamma – radiation on spectral properties of some many compounds dyes solutions has been investigated. It is shown, that some of investigated dyes solutions have low fading and can be used as detector of dose and detector of power dose of gamma – radiation, for example, for territories and objects radio – ecology monitoring.

Твердые и жидкие растворы органических соединений, являющиеся мономерными или полимерными, являются материалами, способными к поглощению ионизирующего излучения. При этом в них происходят различные физико-химические процессы, приводящие к изменению их оптических свойств. В частности, происходит изменение оптической плотности, что может быть использовано для измерения дозы облучения. В работе исследованы спектры поглощения и люминесценции растворов некоторых органических соединений в воде и в органических растворителях. Показано, что некоторые из исследованных соединений обладают высокой устойчивостью к облучению и могут быть использованы в качестве детекторов дозы и мощности дозы облучения. Для этого необходимо, чтобы соединения обладали следующими свойствами: высокой оптической плотностью в видимой области спектра, высокой устойчивостью к облучению, отсутствием флуоресценции и т.д. В работе приведены результаты исследований спектров поглощения и люминесценции растворов некоторых органических соединений в воде и в органических растворителях. Показано, что некоторые из исследованных соединений обладают высокой устойчивостью к облучению и могут быть использованы в качестве детекторов дозы и мощности дозы облучения. Для этого необходимо, чтобы соединения обладали следующими свойствами: высокой оптической плотностью в видимой области спектра, высокой устойчивостью к облучению, отсутствием флуоресценции и т.д.

Основная цель. Спектральными методами исследованы жидкие гамма-излучения  $^{60}\text{Co}$  на спектральных свойствах водных и органических растворов некоторых соединений. Показано, что некоторые из исследованных соединений обладают высокой устойчивостью к облучению и могут быть использованы в качестве детекторов дозы и мощности дозы облучения. Для этого необходимо, чтобы соединения обладали следующими свойствами: высокой оптической плотностью в видимой области спектра, высокой устойчивостью к облучению, отсутствием флуоресценции и т.д. В работе приведены результаты исследований спектров поглощения и люминесценции растворов некоторых органических соединений в воде и в органических растворителях. Показано, что некоторые из исследованных соединений обладают высокой устойчивостью к облучению и могут быть использованы в качестве детекторов дозы и мощности дозы облучения. Для этого необходимо, чтобы соединения обладали следующими свойствами: высокой оптической плотностью в видимой области спектра, высокой устойчивостью к облучению, отсутствием флуоресценции и т.д.