

УДК 535.37

## РЕГИСТРИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕТОДА РАДИАЦИОННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ

Попечиц В.И.

Научно-исследовательское учреждение "Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко" Белорусского государственного университета  
Минск, Республика Беларусь

Для проведения радиационного неразрушающего контроля различных материалов и изделий используются источники ионизирующих излучений, методы и приборы радиационной физики и радиационной химии [1]. Растворы органических красителей в органических и неорганических растворителях, а также в полимерных матрицах имеют интенсивные полосы поглощения в видимой области спектра, что определяет возможность их применения в качестве детекторов радиационной дозы [2, 3]. В некоторых многокомпонентных растворах под действием ионизирующего излучения происходит изменение цвета раствора, зависящее от времени облучения, исходной концентрации и химической природы красителей, физико-химических свойств используемого растворителя, спектрального состава и радиационной дозы ионизирующего излучения [4, 5].

Если между источником ионизирующего излучения и многокомпонентным раствором красителей поместить материал или изделие определенного состава и структуры, то изменение цвета раствора в определенном месте будет коррелировать с величиной радиационной дозы, воздействовавшей на данный участок раствора, следовательно, по цветовой структуре отпечатавшегося на растворе изображения можно судить о внутренней структуре объекта исследования (о наличии полостей, вкраплений и других дефектов) [5]. Глаз человека точнее реагирует на изменение цвета, чем на изменение контраста черно-белого изображения [6].

В данной работе приведены результаты исследования радиационной стойкости и фэдинга многокомпонентных растворов красителей различных классов с целью определения возможности их использования в качестве регистрирующих систем для визуального радиационного неразрушающего контроля внутренней структуры материалов и изделий.

Объектами исследования служили жидкие и твердые многокомпонентные растворы органических красителей различных классов: арилметановые, ксантеновые, акридиновые, кислотные, тиазиновые, полиметиновые и др. Применялись спектроскопические чистые красители. В качестве растворителей использовалась дистиллированная вода, этанол, изопропанол, поливинило-

вый спирт и др. Растворы облучались на гамма-установке "МРХγ-25М", в которой в качестве источника гамма излучения используется  $^{60}\text{Co}$  (мощность дозы облучения изменялась в диапазоне 2 – 0,5 Гр/с), а также на рентгеновской установке ДРОН 2 (напряжение на рентгеновской трубке – 22 кВ, электрический ток в трубке – 10 мА). На спектрофотометре PV 1251 "Solar" перед облучением, непосредственно после облучения и через определенное время после облучения записывались спектры поглощения растворов.

На рисунке 1 представлены в относительных единицах спектры поглощения необлученного и облученного в течение различного времени водного раствора, содержащего два красителя, один из которых поглощает в коротковолновой, а другой – в длинноволновой области видимого спектра. Подобные изменения спектров поглощения наблюдались для водно-спиртовых и спиртовых многокомпонентных растворов, только скорости радиационной деструкции красителей в водно-спиртовых растворах были ниже, чем в водных, а в чисто спиртовых ниже, чем в водно-спиртовых. Наибольшая скорость радиационной деструкции красителей характерна для водных многокомпонентных растворов. В твердых растворах (окрашенных полимерных пленках) характерные скорости радиационной деструкции красителей примерно на два порядка меньше, чем в водных растворах.

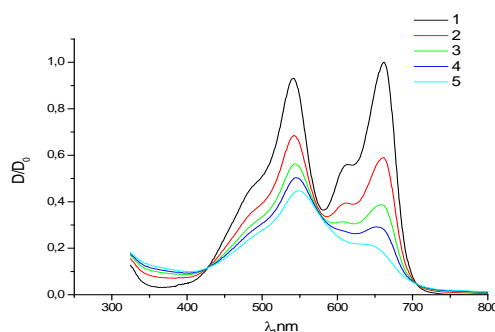


Рисунок 1 – Спектры поглощения раствора фуксин основание + метиленовый голубой в воде: необлученный раствор (1), облученный в течение 5 (2), 10 (3), 15 (4), 20 минут (5). Мощность дозы гамма облучения – 72 Р/с. (0,63 Гр/с)

Проведенные исследования показали, что необратимая радиационная деструкция красителей в растворах происходит в результате окисления красителей короткоживущими кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами ( $\text{OH}^\cdot$ ,  $\text{OH}_2^\cdot$ ,  $\text{HO}_2^\cdot$  и др.), а также относительно стабильным продуктом радиолиза растворителей – пероксидом водорода [2 – 4].

При практическом применении многокомпонентных растворов красителей в качестве регистрирующих систем радиационной дозы важно, чтобы растворы красителей обладали низким фэдингом. Для определения фэдинга растворов двух красителей были проведены исследования зависимости интенсивностей спектров поглощения наполовину обесцвеченных растворов (по красителю, имеющему более интенсивную полосу поглощения в видимой области спектра) в зависимости от времени хранения раствора в темноте. Растворы хранились в темноте, чтобы исключить возможную их фотодеструкцию. Результаты такого исследования для раствора родамин 6Ж + малахитовый зеленый в воде представлены на рисунке 2.

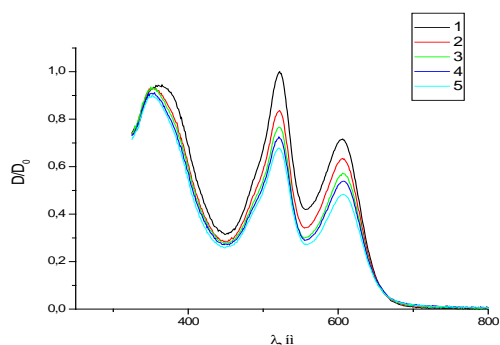


Рисунок 2 – Спектры поглощения раствора родамин 6Ж + малахитовый зеленый в воде через 0 (1), 10 (2), 30 (3), 55(4), 60 суток (5)

Также было исследовано влияние пероксида водорода на обесцвечивание растворов красителей. В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода. В раствор добавлялся 3% раствор пероксида водорода в соотношении 10 мл раствора красителя на 5 мл раствора пероксида водорода. Спектры поглощения записывались через определенные промежутки времени.

Органические красители по обесцвечиванию под действием пероксида водорода условно можно разделить на 3 группы: быстро обесцвечивающиеся (высокий фэдинг): красители класса полиметиновых, малахитовый зелёный, фуксин основание, бриллиантовый зелёный, и др. (обесцветились более чем в 10 раз за 3 суток); средне обесцвечивающиеся (средний фэдинг): родамин 6Ж, эозин-натрий, флуоресцеин, акридиновый желтый, метиленовый голубой и др. (обесцвети-

лись вдвое в течение примерно 10 суток); относительно стойкие к влиянию пероксида водорода (низкий фэдинг): желтый светопрочный, ланазоль оранжевый Г, родамин С, кислотный ярко-голубой 3, трипафлавин, конго красный, метиловый оранжевый, кислотный зелёный антрахиновый Н2С и др. (по прошествии 10 суток эти красители обесцветились менее чем на треть).

Исходя из указанных выше критериев отбора многокомпонентных растворов красителей в качестве регистрирующих систем для целей радиационной дефектоскопии, были отобраны определенные растворы, содержащие два органических красителя, имеющие различные скорости радиационной деструкции. Проведенные с тестовыми структурами испытания (тестовые структуры накладывались на растворы и облучались на рентгеновской установке ДРОН 2) показали, что эти растворы вполне пригодны для использования в качестве визуализаторов жестких излучений при проведении неразрушающего контроля материалов и изделий.

1. Пикаев, А.К. Современная радиационная химия. Основные положения. Экспериментальная техника и методы / А.К. Пикаев // – М.: Наука, 1985. – 375 с.
2. Попечиц, В.И. Влияние гамма-облучения на спектры поглощения растворов кислотных красителей / В.И. Попечиц // Журнал прикладной спектроскопии. – 2003. – Т. 70, № 1. – С. 34 – 37.
3. Гончаров, В.К. Исследование воздействия высокоэнергетического излучения на вещество с целью создания новых материалов и технологий / В.К. Гончаров, К.В. Козадаев, В.И. Попечиц, М.В. Пузырев // Вестник БГУ. Серия 1. – 2010. – № 1. – С. 3 – 10.
4. Попечиц, В.И. Влияние гамма-излучения на твердые и жидкие растворы ксантеновых красителей / В.И. Попечиц // Актуальные проблемы физики твердого тела: Сборник докладов Международной научной конференции. В 3 томах. / Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению. – Минск, 2011. – Т. 3. – С. 200 – 202.
5. Попечиц, В.И. Дефектоскопия материалов и изделий с помощью многокомпонентных растворов красителей / В.И. Попечиц // Достижения физики неразрушающего контроля: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / Институт прикладной физики НАН Беларуси. – Минск, 2013. – С. 284 – 289.
6. Кухарчик, Л.В. Цвет в ЖК дисплее, модели цвета, цветовосприятие / Л.В. Кухарчик, Д.И. Сагайдак, В.И. Попечиц, Г.И. Тимофеева // Мн.: БГУ, 2003. – 199 с.