

УДК 535.37

В.И. Попечиц
(Минск, Беларусь)

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ КРАСИТЕЛЕЙ В РАСТВОРАХ

Оптико-спектральными методами исследована радиационная стойкость красителей в двух- и многокомпонентных растворах. Определены механизмы и из-

мерены характерные времена радиационной деструкции красителей в растворах. Показано, что некоторые растворы красителей могут быть использованы в качестве визуализаторов и детекторов дозы ионизирующих излучений.

Ключевые слова: растворы красителей, оптико-спектральные характеристики растворов красителей, дозиметры ионизирующего излучения.

The radiation resistance of dyes in two- and multi-component solutions was studied by optical-spectral methods. The mechanisms were determined and the characteristic times of radiation destruction of dyes in solutions were measured. It is shown that some dye solutions can be used as visualizers and detectors of ionizing radiation dose.

Keywords: solutions of dyes, optical-spectral characteristics of dyes solutions, ionizing radiation dosimeters.

После аварии на Чернобыльской атомной электростанции значительно возрос интерес к исследованиям воздействия ионизирующих излучений на различные объекты живой и неживой природы. Органические красители имеют интенсивные полосы поглощения в оптической области спектра электромагнитных волн, обладают достаточно высоким квантовым выходом люминесценции, хорошо растворяются в различных органических и неорганических растворителях, доступны для исследователей и поэтому являются удобными модельными объектами для изучения радиационных процессов с помощью надежных, высокоинформативных оптико-спектральных методов [1–4].

В данной работе представлены результаты исследований воздействия гамма и рентгеновского излучения на жидкие и твердые растворы органических красителей различных классов.

В качестве объектов исследования использовались жидкие (водные, водно-спиртовые, спиртовые и др.) и твердые (окрашенные полимерные пленки) двух- и многокомпонентные растворы органических красителей различных классов: арилметановые, ксантеновые, акридиновые, кислотные, тиазиновые, полиметиновые и др. Применялись спектроскопические чистые красители и растворители.

Растворы органических красителей облучались на гамма-установке «МРХу-25М», в которой в качестве источника гамма-излучения используется ^{60}Co (мощность дозы облучения изменялась в диапазоне 4,2–0,6 Гр/с), а также на рентгеновском дифрактометре «Дрон 2М» (напряжение на рентгеновской трубке составляло 20 кВ, электрический ток в рентгеновской трубке – 10 мА).

На спектрометре PV 1251 «Solar» перед облучением, непосредственно после облучения и через определенные промежутки времени после облучения записывались спектры поглощения растворов красителей.

На рисунках 1 и 2 представлены, соответственно, спектры поглощения необлученного и гамма-облученного различного времени раствора полиметинового красителя ПК 7033 в диметилформамиде и раствора кислотного алого в матрице поливинилового спирта при комнатной температуре. Максимум длинноволновой полосы спектра необлученного раствора нормирован к единице. Мощность экспозиционной дозы гамма-облучения составляла 4,1 Гр/с. Из приведенных рисунков видно, что с увеличением времени гамма облучения происходит постепенное уменьшение интенсивности длинноволновых полос поглощения красителей (обесцвечивание раствора), а с коротковолновой стороны основной полосы поглощения возникают полосы поглощения продуктов радиационной деструкции красителей. Для твердого раствора кислотного алого характерно уменьшение поглощения во всем видимом диапазоне спектра. В изменениях спектров ряда жидких растворов красителей наблюдаются изобестические точки. Наличие изобестических точек указывает на то, что в данных растворах, по-видимому, образуется один основной продукт радиационной деструкции этих красителей. Радиационное обесцвечивание исследованных растворов во всех случаях являлось необратимым. Схожие изменения спектров поглощения гамма облученных растворов красителей в различных растворителях свидетельствуют о схожести механизмов радиационной деструкции красителей в растворах.

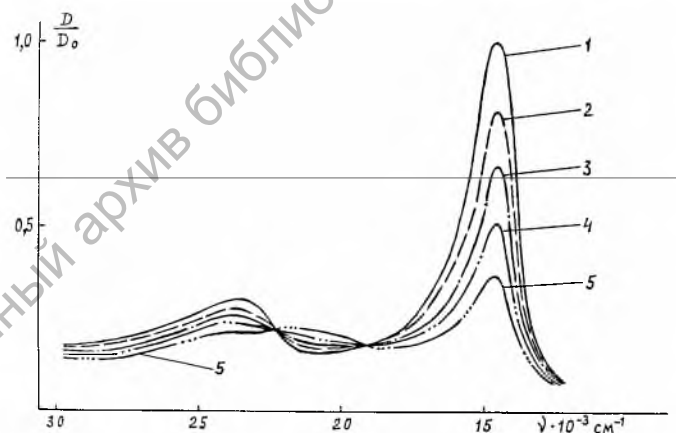


Рис. 1. Спектры поглощения раствора полиметинового красителя ПК 7033 в диметилформамиде: необлученный раствор (1), облученный 140 (2), 280 (3), 420 (4) и 600 с (5)

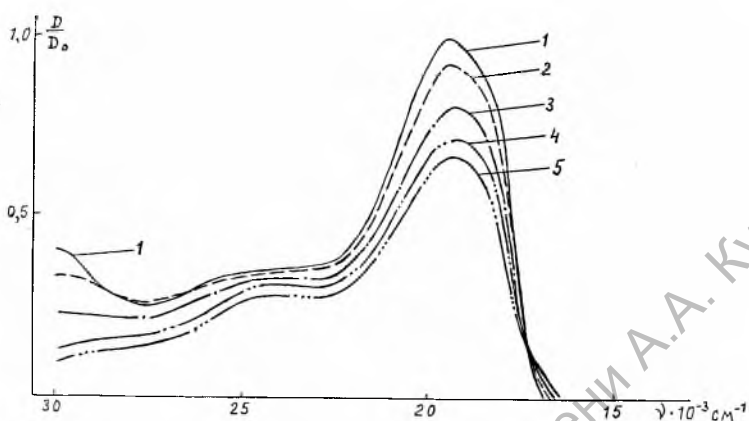


Рис. 2. Спектры поглощения раствора кислотного алого в матрице поливинилового спирта: необлученный раствор (1), облученный 45 (2), 165 (3), 285 (4) и 345 мин. (5)

В многокомпонентных растворах красителей 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. Первоначальный цвет необлученного многокомпонентного раствора можно устанавливать, создавая определенную концентрацию каждого из входящих в раствор красителей. Наиболее простым многокомпонентным раствором является трехкомпонентный раствор, содержащий два красителя, поглощающих в разных спектральных областях видимого диапазона света, и растворитель.

На рисунках 3 и 4 представлены спектры поглощения не облученных и облученных рентгеном трехкомпонентных растворов (содержащих два красителя и растворитель). Под действием рентгеновского излучения трехкомпонентные растворы не только обесцвечиваются, но и изменяют цвет, приближаясь к цвету, определяемому наиболее радиационно стойким красителем, что позволяет использовать такие растворы в качестве визуализаторов и детекторов ионизирующих излучений.

В результате измерений оптико-спектральных характеристик облученных ионизирующим излучением растворов красителей в различных растворителях определены характерные времена радиационного обесцвечивания растворов красителей. Например, времена радиационного «полуразрушения» красителя кислотного алого в расчете на мощность дозы гам-

ма-облучения ^{60}Co 1 Гр/с в воде, изопропанол и матрице поливинилового спирта составили, соответственно, $4,1 \cdot 10^2$ с, $8,9 \cdot 10^3$ с и $1,4 \cdot 10^5$ с.

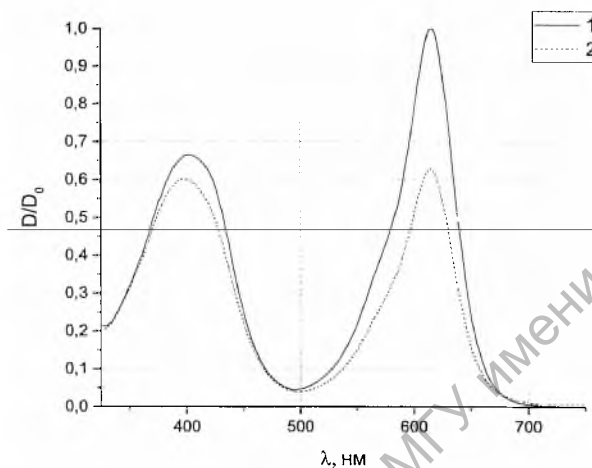


Рис. 3. Спектры поглощения водного раствора кислотный желтый ($\lambda_{\text{max}} = 405$ нм) + малахитовый зеленый ($\lambda_{\text{max}} = 620$ нм): 1 – до облучения рентгеном, 2 – после облучения рентгеном (20 мин)

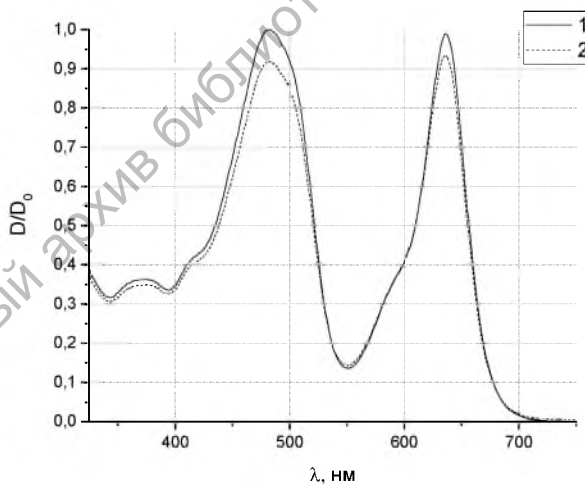


Рис. 4. Спектры поглощения (D/D_0) водного раствора ланазоль оранжевый Г ($\lambda_{\text{max}} = 475$ нм) + кислотный ярко-голубой З ($\lambda_{\text{max}} = 640$ нм): 1 – до облучения рентгеном, 2 – после облучения рентгеном (20 мин)

Показано, что необратимая радиационная деструкция исследованных красителей в жидких и твердых конденсированных средах вызывается окислением красителей кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися в результате радиолиза растворителей. Так, в растворах красителей в диэтиламине (молекулы которого не содержат атомов кислорода) практически не наблюдается обесцвечивания красителей. В обесцвечивании растворов полиметиновых красителей принимает также участие относительно стабильный продукт радиолиза растворителей – пероксид водорода.

Опико-спектральные исследования характеристик, облученных ионизирующим излучением растворов органических красителей, показали, что можно решить и обратную задачу – по изменениям спектров поглощения облученных растворов красителей определить дозу воздействовавшего на раствор ионизирующего излучения.

Таким образом, исследование опико-спектральных характеристик облученных ионизирующим излучением двух- и многокомпонентных растворов красителей, позволило установить природу и механизмы радиационной деструкции красителей в конденсированных средах и выдать практические рекомендации по повышению радиационной стойкости растворов. Показано, что на основе растворов красителей могут быть созданы простые в эксплуатации, дешевые, не требующие источников питания визуализаторы и детекторы дозы ионизирующих излучений.

Литература:

1. Теренин, А.Н. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений / А.Н. Теренин. – Л. : Наука, 1967. – 616 с.
2. Степанов, Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей / Б.И. Степанов. – М. : Химия, 1977. – 488 с.
3. Бахшиев, Н.Г. Введение в молекулярную спектроскопию / Н.Г. Бахшиев. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1987. – 215 с.
4. Гордон, П.Ф. Органическая химия красителей / П.Ф. Гордон. – М. : Мир, 1987. – 344 с.